

Rec'd PCT/PTO 07 JUL 2004
10/500877



REC'D 10 APR 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 00 296.7

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Anmeldetag:

7. Januar 2002

Anmelder/Inhaber:

Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur Datenübertragung

IPC:

H 04 L 1/16

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 27. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hiebing



Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Datenübertragung

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine entsprechend ausgestaltete Vorrichtung zur Datenübertragung gemäß einem ARQ-Verfahren, insbesondere einem Hybrid-ARQ-Verfahren, in einem Kommunikationssystem, insbesondere einem Mobilfunksystem.

10

Insbesondere in Verbindung mit Mobilfunksystemen wird häufig die Verwendung sogenannter Paketzugriffsverfahren bzw. paketorientierter Datenverbindungen vorgeschlagen, da die aufkommenden Nachrichtentypen häufig einen sehr hohen Burstfaktor besitzen, so dass nur kurze Aktivitätsperioden existieren, die von langen Ruhepausen unterbrochen sind. Paketorientierte Datenverbindungen können in diesem Fall die Effizienz im Vergleich zu anderen Datenübertragungsverfahren, bei denen ein kontinuierlicher Datenstrom vorhanden ist, erheblich steigern, da bei Datenübertragungsverfahren mit einem kontinuierlichen Datenstrom eine einmal zugeteilte Ressource, wie z.B. eine Trägerfrequenz oder ein Zeitschlitz, während der gesamten Kommunikationsbeziehung zugeteilt bleibt, d.h. eine Ressource bleibt auch dann belegt, wenn momentan keine Datenübertragungen anliegen, so dass diese Ressource für andere Netzteilnehmer nicht zur Verfügung steht. Dies führt zu einer nicht optimalen Nutzung des knappen Frequenzspektrums für Mobilfunksysteme.

15

30 Zukünftige Mobilfunksysteme, wie beispielsweise gemäß dem UMTS-Mobilfunkstandard ("Universal Mobile Telecommunications System"), werden eine Vielzahl unterschiedlicher Dienste anbieten, wobei neben der reinen Sprachübertragung Multimedia-Anwendungen zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. Die damit
35 einhergehende Dienstvielfalt mit unterschiedlicher Übertra-

gungsraten erfordert ein sehr flexibles Zugriffsprotokoll auf der Luftschnittstelle zukünftiger Mobilfunksysteme. Paketorientierte Datenübertragungsverfahren haben sich hier als sehr geeignet erwiesen.

5

Im Zusammenhang mit UMTS-Mobilfunksystemen wurde bei paketorientierten Datenverbindungen ein sogenanntes ARQ-Verfahren ("Automatic Repeat Request") vorgeschlagen. Dabei werden die von einem Sender an einen Empfänger übertragenen Datenpakete empfängerseitig nach ihrer Decodierung hinsichtlich ihrer Qualität überprüft. Ist ein empfangenes Datenpaket fehlerhaft, fordert der Empfänger eine erneute Übertragung dieses Datenpakets von dem Sender an, d.h. es wird ein Wiederholungsdatenpaket von dem Sender an den Empfänger gesendet, welches mit dem zuvor gesendeten und fehlerhaft empfangenen Datenpaket identisch bzw. teilweise identisch ist (je nachdem, ob das Wiederholungsdatenpaket weniger oder gleich viele Daten wie das ursprüngliche Datenpaket enthält, wird von einer vollen oder einer partiellen Wiederholung gesprochen). Hinsichtlich dieses für den UMTS-Mobilfunkstandard vorgeschlagenen ARQ-Verfahrens, welches auch als Hybrid-ARQ-Typ I-Verfahren bezeichnet wird, ist sowohl die Übertragung von Daten als auch von sogenannten Headerinformationen in einem Datenpaket vorgesehen, wobei die Headerinformationen auch Informationen zur Fehlerüberprüfung, wie beispielsweise CRC-Bits ("Cyclic Redundancy Check") aufweisen und auch zur Fehlerkorrektur codiert sein können (sogenannte "Forward Error Correction", FEC).

30 Gemäß dem derzeitigen Stand der UMTS-Standardisierung wird die Übertragung der Bits der einzelnen Datenpakete bzw. Wiederholungsdatenpakete nach Durchführung einer entsprechenden Kanalcodierung mittels QAM-Modulation ("Quadraturamplitudenmodulation") vorgeschlagen. Dabei werden die einzelnen Bits
35 über ein als "Gray-Mapping" bezeichnetes Verfahren auf ent-

sprechende QAM-Symbole abgebildet, welche einen zweidimensionalen Symbolraum bilden. Dabei ist problematisch, dass bei der vorgeschlagenen QAM-Modulation mit einem Alphabetumfang, welcher mehr als vier QAM-Symbole umfasst, die Zuverlässigkeit der zu übertragenden Bits zwischen den höherwertigen Bits und den niedrigerwertigen Bits erheblich variiert, wobei dies insbesondere hinsichtlich der durchzuführenden Kanalcodierung nachteilig ist, da hierzu bevorzugt Turbo-Coder eingesetzt werden, welche zur Erzielung einer ausreichend hohen Leistungsfähigkeit gleichmäßige Bitzuverlässigkeiten erfordern. Bei dem zuvor erläuterten Hybrid-ARQ-Typ I-Verfahren, bei welchem das Wiederholungsdatenpaket mit dem ursprünglichen Datenpaket identisch ist, führt die zuvor erläuterte Eigenschaft der Variation der Bitzuverlässigkeiten dazu, dass bestimmte Bits der Datenpakete und der Wiederholungsdatenpakete jeweils an der gleichen Stelle im QAM-Symbolraum zu finden sind, so dass hierdurch die Leistungsfähigkeit der gesamten Datenübertragung reduziert wird und sich eine frühzeitige Begrenzung des Datendurchsatzes ergibt.

Zur Lösung dieses Problems wurde bereits ein Verfahren vorgeschlagen, dass diejenigen Bits, welche an der gleichen Stelle in dem ursprünglichen Datenpaket und den Wiederholungsdatenpaketen auftreten, unterschiedlichen QAM-Symbolen im QAM-Symbolraum durch dynamische Umordnung des "Gray-Mapping" zugewiesen werden.

Dies soll nachfolgend näher unter Bezugnahme auf Figur 4A-4D erläutert werden. In Figur 4A ist die Signalkonstellation bzw. der QAM-Symbolraum für eine 16-QAM-Modulation dargestellt. Dabei werden jeweils Bits i_1 und i_2 sowie q_1 und q_2 auf ein entsprechendes QAM-Symbol 26 des zweidimensionalen QAM-Symbolraums 25 in der Reihenfolge i_1 q_1 i_2 q_2 abgebildet. Die für jedes Bit i_1 , i_2 , q_1 , q_2 möglichen Spalten bzw. Zeilen von QAM-Symbolen 26 in dem zweidimensionalen QAM-Symbolraum

25 sind jeweils mit Hilfe entsprechender Striche markiert. So kann beispielsweise das Bit $i_1 = "1"$ nur auf QAM-Symbole der ersten zwei Spalten des QAM-Symbolraums abgebildet werden.

Aufgrund des "Gray-Mapping" ist die Zuverlässigkeit des höherwertigen Bits i_1 größer als die Zuverlässigkeit des niederwertigeren Bits i_2 . Darüber hinaus schwankt die Bitzuverlässigkeit des Bits i_2 abhängig von dem jeweils übertragenen entsprechenden QAM-Symbol 26 (d.h. abhängig davon, ob das entsprechende QAM-Symbol 26 in der äußeren linken oder äußeren rechten Spalte des QAM-Symbolraums 25 angeordnet ist). Dasselbe gilt für die Bits q_1 und q_2 , da die Abbildung der Bits q_1 und q_2 äquivalent zur Abbildung der Bits i_1 und i_2 (allerdings hierzu orthogonal) erfolgt.

Gemäß dem anhand der Figuren 4A-4D erläuterten herkömmlichen Verfahren wird vorgeschlagen, für Wiederholungsdatenpakete ein "Gray-Mapping" zu verwenden, welches sich von dem "Gray-Mapping" des ursprünglichen Datenpakets unterscheidet. D.h. für ein erstes Wiederholungsdatenpaket kann beispielsweise das in Figur 4B verdeutlichte "Gray-Mapping" verwendet werden, während für ein zweites Wiederholungsdatenpaket ein in Figur 4C gezeigtes "Gray-Mapping" und für ein drittes Wiederholungsdatenpaket ein in Figur 4D gezeigtes "Gray-Mapping" verwendet werden kann. Bei Vergleich der Darstellungen von Figur 4A-4D wird deutlich, dass ein und derselben Bitkombination $i_1 q_1 i_2 q_2$ jeweils unterschiedliche QAM-Symbole 26, d.h. unterschiedliche Punkte in dem zweidimensionalen QAM-Symbolraum 25, zugeordnet sind. Diese dynamische Variation des "Gray-Mapping" kann beispielsweise soweit gehen, dass nach einer bestimmten Anzahl von Wiederholungen jedes Bit i_1 , i_2 , q_1 und q_2 an einer Stelle im QAM-Symbolraum 25 mit sehr guter oder guter bzw. schlechter Zuverlässigkeit übertragen wird, wobei dieses Verfahren für eine unterschiedliche Anzahl von Wiederholungen optimiert werden kann.

Aus Figur 4A-4D ist ersichtlich, dass diese Vorgehensweise relativ aufwendig ist, da für jedes Wiederholungsdatenpaket das "Gray-Mapping" verändert werden muss.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine entsprechende ausgestaltete Vorrichtung zur Datenübertragung gemäß einem ARQ-Verfahren vorzuschlagen, bei dem das zuvor erläuterte Problem, d.h. die Erzielung einer möglichst zuverlässigen Datenübertragung mit
10 einem hohen Datendurchsatz, auf möglichst einfache Art und Weise gelöst werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.. Die Unteransprüche definieren jeweils bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.
15

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, auf die einzelnen Bits des ursprünglichen Datenpakets sowie der einzelnen Wiederholungsdatenpakete unterschiedliche Ratenanpassungsmuster, d.h.
20 unterschiedliche Punktierungs- oder Repetierungsmuster, anzuwenden, so dass die entsprechenden Bits bereits vor Durchführung der QAM-Modulation an unterschiedlichen Stellen in dem jeweiligen Paket zu liegen kommen und somit ohne Abwandlung des "Gray-Mapping" unterschiedlichen Punkten bzw. QAM-Symbolen in dem QAM-Symbolraum zugeordnet werden können. Auf diese Weise wird eine gleichmäßige Verteilung der Zuverlässigkeit der zu übertragenden Bits zwischen dem Datenpaket und den nachfolgenden Wiederholungsdatenpaketen erzielt, so dass
30 eine leistungsfähige Kanalcodierung, beispielsweise unter Einsatz von Turbo-Codierern durchgeführt werden kann, so dass insgesamt eine ausreichend hohe Leistungsfähigkeit der Informations- bzw. Datenübertragung bei gleichzeitiger Realisierung eines hohen Datendurchsatzes gewährleistet ist.

Die vorliegende Erfindung kann beispielsweise unter Einsatz eines herkömmlichen Ratenanpassungsalgorithmus realisiert werden, wobei ein gemäß diesem Ratenanpassungsalgorithmus verwendeter Offsetwert, welcher wesentlich das jeweils verwendeten Ratenanpassungsmuster bestimmt, zwischen dem ursprünglichen Datenpaket und den einzelnen Wiederholungsdatenpaketen variiert wird. Durch die Variation dieses Offsetwerts kann eine leistungsfähigere Codierung als bei dem herkömmlichen Hybrid-ARQ-Typ I-Verfahren erzielt werden.

10

Bevorzugt kann hierzu der kanalcodierte Bitstrom auf mehrere parallele Teilbitströme aufgeteilt werden (sogenannte Bitseparation), wobei auf die einzelnen Teilbitströme jeweils voneinander unabhängige Ratenanpassungsmuster, d.h. eine voneinander unabhängige Punktierung oder Repetierung der Bits, angewendet wird, so dass nach abschließender Kombination der entsprechenden Bits dieser Teilbitströme (sogenannte Bitkollektion) die gewünschte Ratenanpassung mit dem unterschiedlichen Offsetwert bezüglich dem ursprünglichen Datenpaket und den einzelnen Wiederholungsdatenpaketen erzielt werden kann. Durch die Aufteilung des Bitstroms in mehrere parallele Teilbitströme kann eine besonders hohe Flexibilität bei der Kanalcodierung erzielt werden.

15

20

25

Da der jeweilige Empfänger der auf diese Art und Weise verarbeiteten Datenpakete bzw. Wiederholungsdatenpakete den jeweils verwendeten Offsetwert kennen muss und eine explizite Übertragung dieses Offsetwerts nachteilig sein kann, kann der Offsetwert beispielsweise synchron mit der jeweiligen Zeitschlitznummer ("Time Slot") und/oder synchron mit der jeweiligen Rahmennummer ("Frame") verändert werden, so dass der Empfänger aus dem jeweils empfangenen Zeitschlitz bzw. Rahmen unmittelbar auf den jeweils verwendeten Offsetwert schließen kann.

30

35

Bei der zuvor erläuterten Bitseparation mit Aufteilung der Bits auf mehrere parallele Teilbitströme können bei der abschließenden Bitkollektion die unterschiedlichen parallelen Teilbitströme pro Datenpaket bzw. Wiederholungsdatenpaket auch anteilig miteinander kombiniert werden, wobei dies besonders vorteilhaft bei Anwendung von Bitrepetierung einsetzbar ist. Der zuvor erläuterte Offsetwert kann für das ursprüngliche Datenpaket sowie die einzelnen Wiederholungsdatenpakete derart eingestellt werden, dass die Verschiebung der daraus resultierenden Ratenanpassungsmuster zueinander maximal ist und/oder möglichst viele der sich einander entsprechenden Bits des ursprünglichen Datenpakets bzw. des jeweiligen Wiederholungsdatenpakets bei der abschließenden Modulation auf unterschiedliche Punkte in dem zweidimensionalen Symbolraum abgebildet werden.

Das zuvor erläuterte Verfahren funktioniert optimal, wenn die Bits unmittelbar nach Durchführung der Ratenanpassung auf den jeweils gewünschten Modulations-Symbolraum abgebildet werden. Dies ist jedoch in der Regel nicht der Fall, da zwischen der Ratenanpassung und der Modulation häufig noch ein sogenanntes Interleaving stattfindet, durch welches die Bits zeitlich umgeordnet werden. Bei einem zufälligen Interleaver würden benachbarte Bits zufällig auf die entsprechenden Punkte bzw. Symbole des zweidimensionalen Symbolraums verteilt werden, so dass die Verschiebung um ein Bit, welche durch die zuvor erläuterte Variation des Offsetwerts erreicht werden kann, auch eine zufällige Veränderung der Punkte bzw. Symbole des zweidimensionalen Symbolraums ergeben würde. Dies wäre jedoch nicht optimal, da am besten die Zuordnung so geändert wird, dass ein bei der Übertragung des ursprünglichen Datenpakets wenig zuverlässiges Bit bei einem nachfolgend zu übertragenden Wiederholungsdatenpaket auf eine Position des Modulations-Symbolraums (z.B. des QAM-Symbolraums) mit höherer Zuverlässigkeit und umgekehrt abgebildet wird, während bei einer zu-

fälligen Vertauschung lediglich ein Gewinn von ca. 50% des maximal möglichen Gewinns erzielt werden könnte.

5 Aus diesem Grund wird vorzugsweise für das Interleaving ein sehr regulärer Interleaver, beispielsweise ein Blockinterleaver, eingesetzt, wobei zudem die Anzahl der Spalten, auf welche der Interleaver die Bits mit anschließender Spaltenvertauschung bzw. Spaltenpermutation verteilt, und die Anzahl der unterschiedlich stark gewichteten bzw. unterschiedlich
10 zuverlässigen Punkte oder Symbole des jeweils verwendeten Symbolraums teilerfremd sein sollte, so dass sich eine optimale Zuordnung ergibt.

15 Bei Anforderung mehrerer Wiederholungsdatenpakete ist es vorteilhaft, wenn das jeweils angewendete Ratenanpassungsmuster, d.h. das jeweilige Punktierung/Repetierungsmuster, von Wiederholungsdatenpaket zu Wiederholungsdatenpaket verschoben angewendet wird.

20 Mit Hilfe der im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgeschlagenen Verschiebung der Ratenanpassungsmuster zwischen dem ursprünglich gesendeten Datenpaket einerseits zu dem nachfolgenden Wiederholungsdatenpaket bzw. den nachfolgenden Wiederholungsdatenpaketen andererseits wird zwar ein und die-
25 selbe Coderate erhalten, die Übertragungsqualität und die Bitfehlerrate kann jedoch verbessert werden.

Allgemein weist die erfindungsgemäß vorgeschlagene Vorgehensweise gegenüber der eingangs erläuterten und aus dem Stand
30 der Technik bekannten Vorgehensweise eine deutlich geringere Komplexität auf, wobei zur Realisierung der vorliegenden Erfindung insbesondere keine neuen Verfahrensschritte implementiert werden müssen.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend näher unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele einer paketorientierten Datenübertragung in einem Mobilfunksystem erläutert, wobei die vorliegende Erfindung selbstverständlich nicht auf Mobilfunksysteme beschränkt ist, sondern allgemein in jeder Art von Kommunikationssystemen eingesetzt werden kann, in denen ein ARQ-Verfahren zur Datenübertragung vorgesehen ist.

10 Figur 1 zeigt eine Darstellung zur Verdeutlichung der Signalverarbeitung gemäß einem paketorientierten ARQ-Verfahren der vorliegenden Erfindung,

15 Figur 2 zeigt eine Darstellung zur Verdeutlichung der Kommunikation in einem Mobilfunksystem,

Figur 3 zeigt einen Ratenanpassungsalgorithmus, welcher beispielsweise im Rahmen der vorliegenden Erfindung zur Ratenanpassung eingesetzt werden kann,

20

Figur 4A-4D zeigen Darstellungen zur Verdeutlichung der Abbildung von Bits eines ursprünglich gesendeten Datenpakets bzw. von entsprechenden Wiederholungsdatenpaketen auf QAM-Symbole gemäß dem Stand der Technik,

Figur 5 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Ratenanpassung,

30 Figur 6 zeigt eine grafische Veranschaulichung eines Ratenanpassungsmodus,

Figur 7 zeigt eine grafische Veranschaulichung eines Ratenanpassungsmodus,

Figur 8 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Ratenanpassung,

Figur 9 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Ratenanpassung.

Wie bereits zuvor erläutert worden ist, wird nachfolgend davon ausgegangen, dass mit Hilfe der vorliegenden Erfindung eine paketorientierte Datenübertragung in einem Mobilfunksystem, wie es beispielsweise schematisch in Figur 2 gezeigt ist, realisiert werden soll. Dabei ist in Figur 2 beispielhaft die Kommunikation zwischen einer Basisstation 1 und einer Mobilstation 2 eines Mobilfunksystems, z.B. eines UMTS-Mobilfunksystems, dargestellt. Die Übertragung von Informationen von der Basisstation 1 zu der Mobilstation 2 erfolgt über den sogenannten "Downlink"-Kanal DL, während die Übertragung der Informationen von der Mobilstation 2 zu der Basisstation 1 über den sogenannten "Uplink"-Kanal UL erfolgt.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend beispielhaft anhand einer paketorientierten Datenübertragung von der Basisstation 1 an die Mobilstation 2, d.h. anhand einer paketorientierten Datenübertragung über den "Downlink"-Kanal erläutert, wobei die vorliegende Erfindung jedoch analog auf eine Datenübertragung über den "Uplink"-Kanal anwendbar ist. Des Weiteren wird die vorliegende Erfindung nachfolgend anhand der in dem jeweiligen Sender durchzuführenden Signalverarbeitungsmaßnahmen erläutert, wobei jedoch zu beachten ist, dass in dem jeweiligen Empfänger zur Auswertung der auf diese Weise senderseitig verarbeiteten Daten eine entsprechende Signalverarbeitung in umgekehrter Reihenfolge erforderlich ist, so dass von der vorliegenden Erfindung nicht nur die Senderseite, sondern auch die Empfängerseite betroffen ist.

In Figur 1 ist die Signalverarbeitung der in den Datenpaketen zu übertragenden Daten- und Headerinformationen nach einem erfindungsgemäßen Hybrid-ARQ-Verfahren dargestellt.

- 5 Auf der Headerseite werden die von einem Funktionsblock 3 erzeugten Headerinformationen einem Funktionsblock 12 zugeführt, welcher dafür sorgt, dass sämtliche Header von allen Datenpaketen, die in ein und demselben Funkpaket gesendet werden sollen, zu einem einzigen Header zusammengefasst werden (sogenannte "Header Concatenation"). Ein Funktionsblock 10 13 fügt den daraus resultierenden Headerinformationen CRC-Bits zur Headererkennung hinzu. Anschließend wird von einem Funktionsblock 14 eine Kanalcodierung und von einem Funktionsblock 15 eine Ratenanpassung des daraus resultierenden Bitstroms durchgeführt. Ein Interleaver 16 bewirkt, dass die ihm zugeführten Symbole bzw. Bits auf bestimmte Art und Weise umgeordnet und zeitlich gespreizt werden. Die von dem Interleaver 16 ausgegebenen Datenblöcke werden von einem Funktionsblock 17 den einzelnen Sende- bzw. Funkrahmen zugeordnet (sogenannte "Radio Frame Segmentation"). 20

Auf der Datenseite ist ebenso ein Funktionsblock 4 zum Hinzufügen von CRC-Bits vorgesehen. Ein Funktionsblock 5 dient zur Aufspaltung der einem Kanalcodierer 6 zugeführten Daten derart, dass von dem Kanalcodierer 6 stets eine auf eine bestimmte Bitanzahl beschränkte Codierung durchgeführt werden kann.

- Durch die von dem Kanalcodierer 6 durchgeführte Kanalcodierung wird den eigentlich zu sendenden Daten redundante Information hinzugefügt. Das hat zur Folge, dass mehrere nacheinander gesendete Datenpakete Bits mit gleichem Informationsursprung aufweisen. 30

Die von dem Kanalcodierer 6 ausgegebenen Bits werden einem Funktionsblock 19 zugeführt, welcher durch Ausblenden bzw. Weglassen einzelner Bits (sogenannte Punktierung) oder durch Wiederholen einzelner Bits (sogenannte Repetierung) die Bit-rate des Bitstroms entsprechend einstellt. Von einem anschließenden Funktionsblock 9 können dem Datenstrom sogenannte DTX-Bits ("Discontinuous Transmission") hinzugefügt werden. Des weiteren sind auch auf der Datenseite Funktionsblöcke 10 und 11 vorgesehen, welche dieselben Funktionen wie die auf der Headerseite vorgesehenen Funktionsblöcke 16 und 17 wahrnehmen.

Abschließend werden die auf der Daten- und Headerseite ausgegebenen Bits von einem Funktionsblock 18 auf den jeweils vorhandenen physikalischen Übertragungs- bzw. Sendekanal abgebildet bzw. gemultiplexed (sogenanntes "Multiplexing") und mit Hilfe einer geeigneten Modulation, beispielsweise einer QAM-Modulation, an den Empfänger übertragen.

Bei dem Hybrid-ARQ-Typ I-Verfahren wird bei einem fehlerhaften Empfang bzw. einer fehlerhaften Decodierung eines Datenpakets durch den Empfänger ein Wiederholungsdatenpaket angefordert, welches mit dem zuvor gesendeten und fehlerhaft empfangenen Datenpaket ganz oder teilweise identisch ist. Abhängig davon, ob das Wiederholungsdatenpaket weniger oder gleich viele Daten wie das ursprüngliche Datenpaket aufweist, wird von einer vollen oder partiellen Wiederholung gesprochen. Das Datenpaket und das jeweilige Wiederholungsdatenpaket weisen somit Bits mit einem zumindest teilweise gleichen Informationsursprung auf. Der Empfänger kann somit durch gemeinsame Auswertung des ursprünglich gesendeten Datenpakets sowie der angeforderten nachfolgenden Wiederholungsdatenpakete die ursprünglich gesendete Information mit besserer Qualität wiedergewinnen.

Die vorliegende Erfindung betrifft im Wesentlichen den in Figur 1 gezeigten Funktionsabschnitt 19. Dieser Funktionsabschnitt 19 umfasst einen Funktionsblock 20, welcher in Abhängigkeit von einer Ansteuerung durch den Funktionsblock 3 die von dem vorgeschalteten Kanalcodierer 6 ausgegebenen codierten Bits auf mindestens zwei parallele Teilbitströme aufteilt, welche jeweils separat, d.h. unabhängig voneinander, einer Ratenanpassung unterzogen werden. In Figur 1 sind diesbezüglich drei Teilbitströme A-C dargestellt, wobei für jeden Teilbitstrom ein Funktionsblock 21-23 zur Durchführung einer entsprechenden Ratenanpassung, d.h. zur Punktierung oder Repetierung einzelner Bits, vorgesehen ist. Auf diese Weise entstehen mehrere unterschiedlich codierte parallele Teilbitströme, welche einem weiteren Funktionsblock 24 zugeführt werden. Dieser weitere Funktionsblock 24 hat die Aufgabe, die einzelnen Bits der parallelen Bitströme in derselben Reihenfolge, welche von dem Funktionsblock 20 für die Bitseparation, d.h. für die Aufteilung auf einzelnen parallelen Teilbitströme, verwendet worden ist, aufzusammeln (Bitkollektion). Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sich insgesamt die Reihenfolge der nach der Ratenanpassung übriggebliebenen Bits nicht ändert.

Wie bereits zuvor erläutert worden ist, kann die für die einzelnen Teilbitströme A-C vorgesehene Ratenanpassung durch die Funktionsblöcke 21-23 vollkommen unabhängig voneinander erfolgen. Insbesondere können auch die Bits eines oder mehrerer Teilbitströme überhaupt keiner Punktierung oder Repetierung unterzogen werden. Insgesamt ist die Ratenanpassung der einzelnen parallelen Teilbitströme A-C so zu wählen, dass von dem gesamten Funktionsabschnitt 19 auf den von dem Funktionsblock 6 ausgegebenen kanalcodierten Bitstrom pro Datenpaket bzw. Wiederholungsdatenpaket ein gewünschtes Ratenanpassungsmuster angewendet wird. Mit der in Figur 1 gezeigten Realisierung des Funktionsabschnitts 19 mit mehreren parallel

durchgeführten Ratenanpassungen kann eine äußerst hohe Flexibilität bei der Codierung erzielt werden.

Der Funktionsabschnitt 19 ist derart ausgestaltet, dass er in
5 Abhängigkeit von der Ansteuerung durch den Funktionsblock 3
auf die Bits eines Wiederholungsdatenpakets ein anderes Ratenanpassungsmuster als auf die Bits des entsprechenden ursprünglich gesendeten Datenpakets anwendet. D.h. dem Funktionsabschnitt 19 wird von dem Funktionsblock 3 mitgeteilt, ob
10 von dem jeweiligen Empfänger ein Wiederholungsdatenpaket angefordert worden ist, wobei der Funktionsabschnitt 19 in diesem Fall die von den einzelnen Funktionsblöcken 21-23 realisierten Ratenanpassungsmuster derart wählt bzw. einstellt, dass insgesamt die Bits des Wiederholungsdatenpakets mit ei-
15 nem anderen Ratenanpassungsmuster als die Bits des zugrundeliegenden ursprünglich gesendeten Datenpakets verarbeitet werden.

Die insgesamt von dem Funktionsabschnitt 19 realisierte Ratenanpassung kann beispielsweise gemäß dem in Figur 3 dargestellten Ratenanpassungsalgorithmus, welcher an sich bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist, durchgeführt werden.

Der im UMTS Standard enthaltene Rate Matching (Ratenanpassungs) Algorithmus ist in [25.212] beschrieben. Als wesentliche Parameter verwendet er:

- X_b : Anzahl codierter Bits pro Paket im Bitstrom b
- e_{ini} : Anfangs-Fehlerwert ($N_{TTI} / 3$)
- e_{plus} : Inkrement des Fehlerwertes bei Punktierung / Repetition
- e_{minus} : Dekrement des Fehlerwertes pro Ausgangsbit

Diese Parameter sind im bestehenden Standard z. B. für den Downlink turbocodierter Transportkanäle mit fester Bitpo-

sition (Kapitel 4.2.7.2.1 in [25.212]) im Falle von Punktierung wie folgt zu ermitteln:

$$e_{ini} = N_{max}. \quad (5.1)$$

Hierbei bezeichnet N_{max} das über alle Transportformate und Transportkanäle ermittelte Maximum der Anzahl Bits pro parity Bitstrom vor dem Rate Matching. Die Inkremente und Dekremente des Fehlerwerts berechnen sich zu:

$$e_{plus} = a \times N_{max}, \quad e_{minus} = a \times |\Delta N_i^b|, \quad (5.2)$$

wobei $a = 2$ für den ersten parity Bitstrom und $a = 1$ für den zweiten parity Bitstrom gilt. $|\Delta N_i^b|$ ist die Anzahl der pro Bitstrom b punktierten Bits für den Transportkanal i .

Dabei wird insbesondere ein Ratenanpassungsparameter e_{ini} verwendet, welcher einen für die jeweils durchgeführte Ratenanpassung gültigen Offsetwert hinsichtlich des jeweils angewendeten Ratenanpassungsmusters bezeichnet. Zu Beginn des in Figur 3 dargestellten Ratenanpassungsalgorithmus wird eine Fehlervariable e mit diesem Offsetwert e_{ini} initialisiert, wobei der Fehler e im Falle einer Punktierung beispielsweise das Verhältnis zwischen der augenblicklichen Punktierungsrate und der gewünschten Punktierungsrate bezeichnet.

Anschließend wird der Index m des augenblicklich zu verarbeitenden Bits auf das erste Bit, d.h. auf den Wert 1 gesetzt und ein Hilfsfehlerparameter e_{plus} initialisiert.

Für sämtliche Bits des jeweils zu verarbeitenden Datenpakets Nr. i wird anschließend eine Schleife durchlaufen, wobei die Bitanzahl des jeweiligen Datenpakets mit X_i bezeichnet ist.

Innerhalb dieser Schleife wird zunächst der Fehler e unter Verwendung eines weiteren Hilfsfehlerparameters e_{minus} erneu-

ert und geprüft, ob der daraus resultierende Fehler e größer als Null ist, um auf diese Weise festzustellen, ob das entsprechende Bit punktiert werden soll oder nicht. Ist die zuvor erwähnte Bedingung erfüllt, wird das entsprechende Bit
5 auf einen Hilfswert δ gesetzt und somit punktiert, d.h. für die nachfolgende Datenübertragung gesperrt.

Ist hingegen die zuvor genannte Bedingung nicht erfüllt, wird das entsprechende Bit für die Datenübertragung ausgewählt und
10 der Fehler e unter Verwendung des erstgenannten Hilfsfehlerparameters e_{plus} neu berechnet.

Zum Abschluss des Ratenanpassungs- bzw. Punktierungsalgorithmus wird der Bitindex m inkrementiert und somit das nächste
15 Bit für die zuvor erläuterte Verarbeitung ausgewählt.

Das auf die Bits eines Datenpakets bzw. Wiederholungsdatenpakets angewendete Ratenanpassungsmuster kann wesentlich durch entsprechende Wahl des Offsetwerts e_{ini} beeinflusst werden.
20 Durch Variation dieses Offsetwerts e_{ini} kann somit auf ein Wiederholungsdatenpaket ein anderes Ratenanpassungsmuster als auf das entsprechende ursprünglich gesendete Datenpaket angewendet werden, wobei die Ratenanpassung insbesondere bezogen auf die Paritätsbits der einzelnen Teilbitströme A-C (ver-
25 gleiche Figur 1) angewendet werden kann.

Da der Empfänger des jeweils auf diese Art und Weise verarbeiteten Datenpakets bzw. Wiederholungsdatenpakets das jeweils verwendete Ratenanpassungsmuster bzw. den jeweils verwendeten Offsetwert e_{ini} kennen muss, kann die Variation des
30 Offsetwerts e_{ini} beispielsweise synchron mit dem jeweils gesendeten Zeitschlitz und/oder synchron mit der Nummer des jeweils gesendeten Rahmens erfolgen, so dass der Empfänger in Abhängigkeit von der Nummer des jeweils empfangenen Zeit-
35 schlitzes bzw. in Abhängigkeit von der Nummer des jeweils

empfangenen Rahmens auf den jeweils verwendeten Offsetwert e_{ini} und somit auf das jeweils angewendete Ratenanpassungsmuster schließen kann. Durch ein e_{ini} ist dabei jeweils eine sogenannte Redundanzversion definiert.

5

Der Offsetwert e_{ini} wird für das ursprünglich gesendete Datenpaket und das Wiederholungsdatenpaket vorteilhafterweise derart gewählt, dass die Verschiebung der daraus resultierenden Ratenanpassungsmuster zueinander maximal, d.h. möglichst

10

groß, ist. Darüber hinaus ist der Offsetwert e_{ini} für das ursprünglich gesendete Datenpaket und das Wiederholungsdatenpaket vorteilhafterweise derart zu wählen, dass möglichst viele der sich einander entsprechenden Bits der beiden Pakete bei der abschließenden Modulation, insbesondere der QAM-

15

Modulation, auf unterschiedliche Punkte, d.h. unterschiedliche QAM-Symbole, des entsprechenden zweidimensionalen QAM-Symbolraums abgebildet werden (vergleiche diesbezüglich beispielsweise die Abbildungen von Figur 4).

20

Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Offsetwert e_{ini} für das ursprüngliche Datenpaket auf $e_{ini} = 0$ und für das nachfolgende Wiederholungsdatenpaket auf $e_{ini} = e_{plus}$ gesetzt wird. Im ersten Fall wird dadurch das erste Bit punktiert, während im zweiten Fall das letzte Bit des Wiederholungsdatenpakets punktiert wird, so dass sich entsprechend auch die Position aller dazwischen liegenden Bits jeweils um eine Stelle verschiebt. Es ist somit sichergestellt, dass (bei geeigneter Ausgestaltung des nachfolgenden Interleavers

30

10 sowie des nachfolgenden "Gray-Mapping" zur Realisierung einer entsprechenden Modulation) ein Bit bei beiden Übertragungen auf unterschiedliche Punkte des jeweiligen zweidimensionalen Symbolraums abgebildet wird, was somit vorteilhaft für eine gleichmäßige Verteilung der Zuverlässigkeit der übertragenen Bits ist. Ein zusätzlicher Vorteil beruht darin,

35

dass in den Wiederholungsdatenpaketen zusätzliche neue Infor-

mation enthalten ist und nicht lediglich die Bits des ursprünglichen Datenpakets wiederholt werden, so dass sich auch hierdurch ein Gewinn ergibt.

- 5 Die Belegung des Offsetwerts e_{ini} kann für die einzelnen Teilbitströme A-C koordiniert durchgeführt werden, so dass beispielsweise abhängig von der Wahl des jeweils verwendeten Algorithmus e_{ini} für die einzelnen Teilbitströme A-C abwechselnd mit Null und e_{plus} bzw. gegengleich vorbelegt wird.

10

Bei Übertragung mehrerer Wiederholungsdatenpakete sollte vorteilhafterweise das Ratenanpassungsmuster, d.h. das jeweils gewählte Punktierungs- bzw. Repetierungsmuster, von Wiederholungsdatenpaket zu Wiederholungsdatenpaket verschoben ange-

- 15 wendet werden. Für das ursprünglich gesendete Datenpaket und das erste Wiederholungsdatenpaket kann der Offsetwert e_{ini} wie zuvor beschrieben mit Null bzw. e_{plus} vorbelegt werden, wobei für anschließende Wiederholungen davon abweichende Werte verwendet werden sollten. So kann beispielsweise bei der k-ten

- 20 Wiederholung als Offsetwert e_{ini} der Wert $k \cdot e_{minus}$ verwendet werden, was eine Verschiebung des Ratenanpassungsmusters um k Bits bewirkt. Ebenso kann für das Wiederholungsdatenpaket Nummer $2k$ als Offsetwert e_{ini} der Wert $k \cdot e_{minus}$ und für das Wiederholungsdatenpaket Nummer $2k + 1$ als Offsetwert e_{ini} der

- 25 Wert $k \cdot e_{minus} + e_{plus}$ verwendet werden. Auf diese Weise erhält man für alle Bits (mit Ausnahme der Bits unmittelbar am Anfang vor der ersten Punktierung/Repetierung und der Bits unmittelbar am Ende nach der letzten Punktierung/Repetierung) bei aufeinanderfolgenden Wiederholungsdatenpaketen eine unterschiedliche Zuordnung zu den einzelnen Punkten bzw. QAM-Symbolen in dem QAM-Symbolraum, wobei zusätzlich unterschiedliche Bits punktiert/repetiert werden.

- 35 Je nach Code-Rate stehen unterschiedlich viele parity Bits pro Kanalcodierungsvorgang zur Verfügung. Somit ist auch

die Anzahl der möglichen Redundanzversionen, die komplett aus bisher noch nicht gesendeten parity Bits bestehen und daher maximalen IR Gewinn versprechen, von der Code-Rate abhängig. Daher sieht eine andere Ausführungsvariante vor, diese maximale Anzahl der Redundanzversionen N_{pat} im Empfänger ohne zusätzliche Signalisierung zu errechnen. Die Redundanzversion $R=\{0,1,2,\dots,N_{pat}-1\}$, die im aktuellen Paket Anwendung findet, wird z. B. aus der System Frame Number (SFN) durch

$$R = SFN \bmod N_{pat}$$

ermittelt. Falls Paketnummer und Frame-Grenze nicht identisch sind, kann auch die Paket- bzw. Slotnummer zu einer solchen Ermittlung der Redundanzversion herangezogen werden.

Falls die Redundanzversion R nach dieser zuletzt genannten Gleichung ermittelt wird, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, im Sender Maßnahmen zu ergreifen, welche die Abfolge der verschiedenen Redundanzversionen für jeden Block optimiert. Dadurch wird im sog. Scheduling-Algorithmus, der bestimmt welcher Benutzer im folgenden Übertragungsintervall bedient wird, ein zusätzliches Entscheidungskriterium eingeführt. Dieses Kriterium berechnet für alle Benutzer, für die aktuell Daten vorliegen, die sich im nächsten Übertragungsintervall ergebende Redundanzversion R . Neben einer Auswertung der üblichen Kriterien (wie Signal-zu-Rausch-Verhältnis, geforderte Dienstqualität, usw.) wird derjenige Nutzer bevorzugt, für den sich im betrachteten Intervall die beste Ergänzung der bisher übermittelten Redundanz ergibt. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, dass nach der Übermittlung dieses Blocks eine Decodierung erfolgreich stattfinden kann maximiert und somit auch die Kapazität des Kommunikationssystems erhöht. Dadurch kann trotz der Berechnung der Redundanzversion aus der SFN der IR Gewinn optimiert werden, ohne explizite Signalisierung zu benötigen. Zum Beispiel wird der Scheduling-Algorithmus mit geringerer Priorität Pakete an solche

Mobilstationen senden, bei denen im aktuellen Intervall ein Wiederholungspaket mit einer Redundanzversion gesendet würde, die sie bereits in einem früheren Paket erhalten haben, da dann kein IR gain auftritt.

5

Zur Realisierung von paketorientierten Funkverbindungen mit hoher Datenrate, z. B. High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) für UMTS, wird die Kombination von fehlerkorrigierender Codierung (forward error correction, FEC) mit fehlererkennender Codierung (automatic repeat request, ARQ) verwendet. Die Kombination dieser beiden Kanalcodierungsmaßnahmen wird Hybrid-ARQ (HARQ) genannt. Kann das empfangene Paket nicht fehlerfrei decodiert werden, wird ein Wiederholungspaket angefordert. Das Wiederholungspaket ist mit dem zuvor gesendeten und fehlerhaft empfangenen Paket ganz (HARQ type I, Chase Combining) oder partiell identisch. Die letzteren Verfahren werden als partielle inkrementelle Redundanz (incremental redundancy, IR) Verfahren, bzw. als HARQ type III bezeichnet. Als weitere Möglichkeit können die Wiederholungspakete auch rein aus zusätzlicher Redundanzinformation (sog. Paritätbits) bestehen (Full IR bzw. HARQ type II).

20

Zusätzlich wird, speziell in Systemen mit variablen Informationsdatenraten, ein sog. Rate Matching eingesetzt, welches die Anzahl der codierten Bits auf die Anzahl der für die Übertragung verfügbaren Bits anpasst. Dieses Rate Matching wird z. B. in UMTS für systematische Bits und Paritätbits unterschiedlich (d. h. mit unterschiedlicher Punktierungs-/Repetitionsrate) ausgeführt.

30

Für die Erstübertragung wird in der Regel ein selbstdecodierbares Datenpaket verwendet, d.h. alle systematischen Bits werden übertragen. Ist abzüglich dieser systematischen Bits nur noch für einen Teil der Paritätbits Platz in der Übertragung, werden die Paritätbits entsprechend punktiert (d. h.

35

nicht übertragen). Ist der vorhandene Platz jedoch größer als alle existierenden Paritätbits, so werden systematische Bits und Paritätbits mit gleicher Rate repetiert (wiederholt). Die Auswahl der punktierten/repetierten Bits erfolgt in UMTS
5 durch einen Algorithmus, der eine möglichst gute Gleichverteilung innerhalb des codierten Datenblocks realisiert.

In einer Wiederholungsübertragung werden basierend auf einer bestimmten Anzahl Signalisierungsbits, die jeweils zu übertragenden Bits (d.h. die sog. Redundanzversion) so ausgewählt, dass zum einen verschiedenen HARQ-Typen realisiert werden, und zum anderen in jeder Übertragung möglichst andere Bits übertragen werden, um Dekodiergewinn und / oder eine gleichmäßige Verteilung der Gesamtenergie auf alle Bits zu
10 erreichen.
15

Eine Variante dieser Erfindung zeigt, wie für eine gegebene Anzahl Bits zur Signalisierung der verschiedenen Redundanzversionen, sowohl für den Fall der Punktierung als auch insbesondere für den Fall der Repetierung die Auswahl der Redundanzversionen optimiert werden kann.
20

Damit der Empfänger das Datenpaket korrekt interpretieren kann, ist es auf jeden Fall erforderlich, dass er weiß, ob ein selbstdekodierbares oder ein nicht selbstdecodierbares Datenpaket gesendet wurde. Dies kann nach der Konvention erfolgen, dass das erste Datenpaket selbstdecodierbar ist, während folgende Datenpakete nicht selbstdekodierbar sind. Dabei besteht aber die Gefahr, dass die Empfangsstation das erste
30 Datenpaket nicht empfängt und folglich fälschlich annimmt, dass das zweite Datenpaket selbstdekodierbar ist, dieses ist aber nach der Konvention nicht selbstdekodierbar. Sicherer ist es daher, die Tatsache, ob das Datenpaket selbstdekodierbar oder nicht selbstdekodierbar ist explizit zu signalisieren.
35 Dafür wird ein Bit Signalisierungsinformation benötigt.

Innerhalb eines jeweiligen Typs können dann weitere Redundanzversionen definiert werden, welche ebenfalls explizit signalisiert werden können. Stehen zur Signalisierung n Bit zur Verfügung, so besteht die gesamte zu signalisierende Information somit aus der Unterscheidung selbstdekodierbar/nicht selbstdekodierbar in einem Bit und dann noch eine Auswahl unterschiedlicher Redundanzversionen in den übrigen $n-1$ Bit:

10 Verwendung der Signalisierungsbits

Selbstdekodierbarkeit	1 Bit
Redundanzversion	$n - 1$ Bit

Die Unterscheidung selbstdekodierbar nicht selbstdekodierbar macht aber nur im Falle von Punktierung Sinn, wo nicht alle kodierten Bits übertragen werden können. Im Falle von Repetition ist die Selbstdekodierbarkeit a priori gegeben, da ja alle kodierten Bits, manche sogar mehrfach übertragen werden können. Dann ist es vorteilhaft, alle n Bits zur Unterscheidung von verschiedenen Redundanzversionen zu verwenden. Insbesondere kann damit im Falle der Repetition auch für kleine Anzahl n erheblich besser sichergestellt werden, dass nach Wiederholungspaketen eine möglichst ausgeglichene Energieverteilung auf alle übertragenen Bits erreicht wird. Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verwendung der Signalisierungsbits ist dann in folgender Tabelle gezeigt:

25 Verwendung der Signalisierungsbits bei Punktierung und Repetition

	Punktierung	Repetition
Selbstdekodierbarkeit	1 Bit	0 Bit
Redundanzversion	$n - 1$ Bit	n Bit

Beispielsweise kann hierbei $n=3$ gewählt werden. Das erlaubt eine vernünftige Anzahl von unterschiedlichen Redundanzversi-

onen und erfordert andererseits keinen unnötig hohe Anzahl von Signalisierungs-bits.

Die verwendete Redundanzversion muss nicht unbedingt signalisiert werden, sondern kann, wie bereits beschrieben, auch aus einer Rahmen- oder Slotnummer abgeleitet werden. In diesem Fall wäre n gleich 1, d.h. bei Punktierung wird ausschließlich die Selbstdecodierbarkeit signalisiert. Im Falle der Repetierung kann dann dieses Bit dann trotzdem zur Anzeige einer Redundanzversion verwendet werden, damit können z.B. die Anzahl der Redundanzversionen verdoppelt werden, oder aber es werden nur halb so viele Versionen anhand der Rahmen-Nummer berechnet. In diesem Fall kann der Sender die Redundanzversionen gezielter auswählen, als wenn die Signalisierung ausschließlich anhand der Rahmen-Nummer erfolgen würde.

Das hier vorgestellte Verfahren optimiert die Signalisierung indem die Bedeutung der Signalisierungsbits davon abhängt, ob in der jeweiligen Übertragung Bits wiederholt oder punktiert werden. Sind insgesamt N_g Signalisierungsworte vorgesehen (das heißt $N_g = 2^n$ falls n Bit Signalisierung vorgesehen sind), so werden die N_g Signalisierungsworte wie folgt aufgeteilt:

Bei Punktierung werden die Signalisierungsworte in zwei Teilmengen aufgeteilt, eine für Übertragungen vom selbstdekodierbaren Typus (d. h. systematische Bits sind enthalten), eine zweite für Übertragungen vom nicht selbstdekodierbaren Typus (keine systematische Bits enthalten). Innerhalb dieser Teilmengen unterscheiden verschiedene Signalisierungsworte dann verschiedene Redundanzversionen.

Es können dabei N_s Redundanzversionen vom selbstdekodierbaren Typus (Partial IR) ausgewählt werden, welche selbstdekodierbare Redundanzversionen bezeichnen und $N_g - N_s$ Redundanzver-

sionen vom nicht selbstdekodierbaren Typus (Full IR) bereitgestellt werden. Falls $N_s = N_g/2$ gilt, lässt sich die bereits vorgestellte Kodierung verwenden. Ein anderer Extremfall ist $N_s = 1$. In diesem Fall wird nur eine einzige selbstdekodierbare Redundanzversion vorgesehen (die für die erste Übertragung vorgesehen ist) und N_g-1 nicht selbstdekodierbare Redundanzversionen. Diese Wahl wird optimal sein, wenn N_g relativ klein ist (höchstens 8), weil dann trotzdem noch eine relativ hohe Anzahl von Redundanzversionen mit Full IR definiert werden können.

Bei Repetierung werden keine Teilmengen gebildet und alle Signalisierungsworte zur Unterscheidung verschiedener Redundanzversionen verwendet.

Wesentlichen Neuerungen dieses Ausführungsbeispiels sind die Unterscheidung der Fälle Repetierung und Punktierung für die Bedeutung der Signalisierungsbits und die Optimierung der Anzahl möglicher HARQ-Typen und verschiedener Redundanzversionen sowohl im Falle von Repetierung als auch für Punktierung bei gegebener Anzahl Signalisierungsbits.

Die Generierung der unterschiedlichen Redundanzversionen kann dabei gemäß einer Parametervariation des Parameters e_{ini} erfolgen, kann aber auch durch ein beliebiges anderes Verfahren generiert werden, insofern könnte der Anspruch 19 auch als unabhängiger Anspruch formuliert werden.

Für den in Figur 1 gezeigten Funktionsblock 10 sollte ein Interleaver verwendet werden, welcher kein zufälliges Interleaving sondern ein sehr reguläres Interleaving durchführt. So könnte beispielsweise für den Funktionsblock 10 ein Block-Interleaver verwendet werden. Ist der als Funktionsblock 10 verwendete Interleaver ein sehr regulärer Interleaver und ist die Spaltenanzahl, auf welche der Interleaver die ihm zuge-

fürten Bits verteilt, und die Anzahl der unterschiedlich stark gewichteten Punkte in dem zweidimensionalen QAM-Symbolraum bzw. allgemein die Anzahl der unterschiedlich stark gewichteten Modulationspunkte teilerfremd, so ergibt sich eine optimale Zuordnung. Gemäß dem derzeitigen Stand der UMTS-Standardisierung wird als Interleaver ein Blockinterleaver mit zusätzlicher Spaltenvertauschung vorgeschlagen, welcher benachbarte Bits auf Spalten verteilt, die Vielfache von "5" voneinander entfernt sind, und anschließend die Spalten vertauscht. Bei Verwendung von 30 Spalten erfolgt die Spaltenpermutation z.B. gemäß dem folgenden Schema: Spalte Nr. 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8... Da der Wert "5" mit der Anzahl der unterschiedlichen Bits beispielsweise bei einer 16-QAM-Modulation (nämlich zwei Bits) und einer 64-QAM-Modulation (nämlich drei Bits) teilerfremd ist, ergibt sich z.B. bei dieser Kombination eine gute Verwürfelung bzw. eine gute Abbildung auf die entsprechenden Modulationspunkte.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel kann das für das ursprünglich gesendete Datenpaket bzw. das Wiederholungsdatenpaket oder die Wiederholungsdatenpakete gewählte Bitratenanpassungsmuster derart gewählt werden, dass sich die einzelnen Bitratenanpassungsmuster lediglich am Anfang und am Ende voneinander unterscheiden, während sie in einem mittleren Bereich identisch sind, wobei die Punktierungs- bzw. Repetierungsraten der einzelnen Bitratenanpassungsmuster gleich sind. Dies ist insbesondere für hohe Datenraten geeignet, da hierdurch der Speicherbedarf im Empfänger gegenüber der zuvor beschriebenen Ausführungsform, bei welcher der Offsetwert variiert wird, in der Größenordnung der jeweils verwendeten Punktierungs- bzw. Repetierungsrate reduziert werden kann. Der erzielte Performance-Gewinn gegenüber herkömmlichen Verfahren besteht dann im Wesentlichen aus der gleichmäßigeren Verteilung der übertragenen Information auf die unterschiedlich stark geschützten bzw. unterschiedlich zuverlässigen

Bits der QAM-Symbole. Der bei diesem Ausführungsbeispiel nicht nutzbare Gewinn durch eine in den Wiederholungsdatenpaketen neu hinzugefügte Information wird durch den Vorteil des reduzierten Speicherbedarfs entsprechend aufgewogen.

5

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des zuvor beschriebenen Prinzips kann auch zunächst ein nachfolgend als Basismuster bezeichnetes Punktierungs-/Repetierungsmuster bestimmt werden, durch welches n Bits mehr punktiert bzw. repetiert werden als ursprünglich vorgesehen war. Basierend auf diesem Basismuster werden dann n unterschiedliche Repetierungsmuster dadurch abgeleitet, dass von diesem Basismuster am Anfang die ersten j Punktierungen bzw. Repetierungen nicht durchgeführt und am Ende die letzten $n-j$ Punktierungen bzw. Repetierungen
10 ausgelassen werden. Dabei kann j einem Wert $0, 1, \dots, n$ entsprechen. Durch diese Maßnahme wird das Basismuster am Anfang und am Ende an insgesamt n Stellen beschnitten, wobei es n verschiedene Möglichkeiten gibt, die alle zu einer unterschiedlichen Zuordnung der dazwischen liegenden Bits auf die unterschiedlichen Bits der QAM-Symbole führen. Für die Daten- und Wiederholungsdatenpakete werden dabei eine unterschiedliche Anzahl n von Punktierungen bzw. Repetierungen am Anfang und am Ende ausgelassen, wobei die gesamte Punktierungs- bzw. Repetierungsrate konstant bleibt.

25

Im Folgenden werden weitere Ausführungsvarianten der Erfindung erläutert, welche einzeln und in beliebiger Kombination mit der Erfindung und ihren zuvor bereits genannten Weiterbildungen durch die Erfindung umfasst sind, und welche auch zeigen, wie die Vorbelegung der verschiedenen Parameter des Rate Matching (Ratenanpassung) Algorithmus gesteuert werden muss, damit Rate Matching Muster resultieren, die sowohl die
30 Mittelung der Bitzuverlässigkeiten als auch den Codiergewinn durch IR (Incremental Redundancy), das heißt den Codiergewinn, der durch das wiederholte Übertragen eines Datenpake-
35

tes, auf das unterschiedliche Rate Matching Muster angewendet werden, geeignet kombinieren. Durch gezielte Steuerung ist es möglich verschiedene Moden zu erzeugen, welche unterschiedlichen Schwerpunkte bzgl. IR-Codiergewinn und Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten setzen, so beispielsweise einen - im folgendenden auch "Quasi-Chase-Combining-Mode" genannten Modus, der mittels dem neuen Konzept eines Basismuster, mit minimalem zusätzlichem Speicheraufwand einen idealen Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten erreicht, oder der sogenannte "kombinierte IR und Symbol Mapping-Moden", für die der IR Gewinn mit zunehmender Punktierungsrate ansteigt und welche es erlauben durch geeignete Vorbelegung der Rate Matching Parameter für jedes Wiederholungspaket den optimalen Arbeitspunkt bzgl. IR Gewinn gegenüber Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten einzustellen.

Figur 5 zeigt beispielhaft die Signalverarbeitungskette für HSDPA (high speed downlink packet access), einer Weiterentwicklung des UMTS Standards, die paketvermittelte Verbindungen mit hoher Datenrate ermöglicht. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass nach der Kanalcodierung eine Bitseparation durchgeführt wird, welche systematische und parity Bits des Turbo Codes trennt. Das Rate Matching wird nur in den p parity Bitströmen (hier 2 Ströme) durchgeführt und zwar so, dass jeweils ca. N_p / p Bits punktiert bzw. repetiert werden ($p = 2$ in Figur 5). Die hier beschriebene Erfindung befasst sich mit der Steuerung dieser Rate-Matching Blöcke.

In einem Symbol der 16-QAM befinden sich 2 gut geschützte Bits (im Folgenden mit H für high reliability bezeichnet) und 2 schlecht geschützte Bits (L für low reliability), d. h. $k = 2$. Diese Bit-zu-Symbol-Zuordnung wird durch {H, H, L, L} dargestellt. Beträgt in den verschiedenen Redundanzversionen die Differenz der bisher punktierten / repetierten Bits $\Delta B = k \times (2 \times m - 1)$, mit m ganzzahlig, so ergibt sich eine

Umkehrung der Zuordnung der aktuellen Bits auf die jeweils andere Bitzuverlässigkeit: {L, L, H, H}. Wurde ein Bit z. B. bei der ersten Übertragung auf einem L Bit gesendet, so wird es in der zweiten Übertragung garantiert auf einem H Bit übertragen. Für $\Delta B = 1 \times (2 \times m - 1)$ findet diese Umkehrung
 5 immerhin noch für 50% der Bits statt.

Ein 64-QAM-Symbol besteht aus je zwei Bit (d. h. auch hier $k = 2$) mit hoher, mittlerer und niedriger Zuverlässigkeit:
 10 {H, H, M, M, L, L}. Hierbei wurde die zusätzliche Bitklasse M für medium reliability eingeführt. Gilt für die aktuellen Bits nun $\Delta B = k \times (3 \times m - 2)$, so wird die Zuordnung zyklisch um eine Bitklasse vertauscht, d. h. {L, L, H, H, M, M}; für $\Delta B = k \times (3 \times m - 1)$ ergibt sich {M, M, L, L, H, H}. Eine ideale
 15 Mittelung der Bitzuverlässigkeiten kann also nach 3 Übertragungen eines Pakets erreicht werden. Bereits nach zwei Übertragungen ergibt sich jedoch ein partieller Mittelungseffekt.

20 Auch für Modulationsarten mit unterschiedlicher Anzahl Bits pro Bitklasse kann ein geeigneter Parameter k gefunden werden. Für die 8-PSK ergeben sich pro Symbol z. B. 2 gut geschützte und 1 schlecht geschütztes Bit: {H, H, L}. Wird nun $k = 1$ gewählt, so ergibt sich für $\Delta B = k \times (3 \times m - 2)$ die
 25 Zuordnung {L, H, H}, für $\Delta B = k \times (3 \times m - 1)$ die Zuordnung {H, L, H}, d. h. es wird in beiden Fällen schon nach zwei Übertragungen sichergestellt, dass sich die Bitzuverlässigkeiten ausmitteln.

30 Werden andere Zuordnungsverfahren der einzelnen Bits zu Symbolpunkten verwendet, so können obige Überlegungen sehr leicht angepasst werden. Wird z. B. für eine 16-QAM die Zuordnung so verändert, dass sich pro Symbol die Folge {H, L,

H, L} ergibt, so ergibt sich eine ideale Umkehrung der Bitzuverlässigkeiten für $\Delta B = k \times (2 \times m - 1)$ mit $k = 1$.

Für den "Quasi-Chase-Combining-Mode" wird zugunsten der Minimierung des zusätzliche Speicherbedarfs auf den IR Gewinn weitestgehend verzichtet, dafür jedoch maximaler Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeit erreicht. Dazu wird ein sog. Basismuster generiert, welches auf herkömmliche Art ermittelt wird, jedoch anstatt der ursprünglich benötigten Anzahl punktierter bzw. repetierter Bits N_p wird die erhöhte Anzahl $N_{p,IR} = N_p + k \times (N_{pat} - 1)$, wobei N_{pat} die Anzahl unterschiedlicher Redundanzversionen angibt und k die Anzahl aufeinanderfolgender gleichzuverlässiger Bits pro Symbol. In diesem Mode muss N_{pat} nicht an Hand der Code-Rate ermittelt werden und kann fest vorgewählt werden (z. B. $N_{pat} = 2$ zur Minimierung des Speicherbedarfs). Für jede Übermittlung eines Pakets werden aus diesem Basismuster jeweils N_p Bit ausgewählt, die tatsächlich punktiert / repetiert werden, wobei bei der Auswahl dafür gesorgt werden kann, dass sich die Anzahl bisher punktierten / repetierten Bits in den verschiedenen Wiederholungspaketen gerade um k unterscheidet (siehe auch unten). So wird sichergestellt, dass nach der ersten Wiederholung das Symbol-Mapping der Bits so geändert wird, dass im überwiegenden Teil des Pakets ein Ausgleich der Bitzuverlässigkeit und somit ein Gewinn erreicht wird. Das tatsächliche Punktierungs-/Repetierungs-Muster ist also alleine aus der in der Mobilstation ermittelten Wiederholungsnummer R und den bekannten Rate Matching Parametern ermittelbar. Der Gesamtspeicherbedarf steigt lediglich um $k \times (N_{pat} - 1)$ Bits. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Verwendung des Basismuster die Überlagerung der verschiedenen Sendungen eines Pakets im Empfänger (sog. Soft Combining) einfach und effizient realisiert werden kann.

Im allgemeinen Fall lassen sich mit diesem Vorgehen auch kombinierte IR-und Symbol-Mapping-Verfahren erzeugen, deren IR Gewinn mit zunehmender Punktierungsrate N_p steigt. Dies ist besonders vorteilhaft, da so dem unvermeidlichen Performance-Verlust in der Decodierung durch Punktierung automatisch entgegengewirkt wird. Dazu werden in den Wiederholungspaketen andere parity bits punktiert. Dies wird dadurch erreicht, dass zunächst wie oben aus dem Basismuster, basierend auf der in der Mobilstation ermittelten Wiederholungsnummer R , die jeweilige Redundanzversion erzeugt wird und danach das Punktierungs-/Repetierungs-Muster für jeden parity Bitstrom um n_{offset} Bits zyklisch vertauscht wird. Mit zunehmendem n_{offset} werden die punktierten / repetierten Bits in den unterschiedlichen Redundanzversionen zunehmend gegeneinander verschoben, so dass der erzielbare Gewinn durch inkrementelle Redundanz vergrößert wird. Gleichzeitig nimmt jedoch der prozentuale Anteil Bits ab, welche gegenüber der vorhergehenden Redundanzversion auf einer anderen Bitzuverlässigkeitsstufe übertragen werden, d. h. der Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten nimmt ab. Durch Simulationen kann für das jeweilige System hier ein optimaler Arbeitspunkt ermittelt werden und entsprechend der Parameter n_{offset} fest voreingestellt werden, so dass keine zusätzliche Signalisierung nötig ist. Es ist allerdings auch denkbar den Parameter n_{offset} semi-statisch bzw. dynamisch zu ändern, um zwischen den verschiedenen Moden umschalten zu können (der "Quasi-Chase-Combining-Mode" entspricht einem "kombinierten IR-und Symbol-Mapping-Verfahren" mit $n_{offset} = 0$). Der Gesamtspeicherbedarf steigt für $n_{offset} \neq 0$ um $N_p \times (N_{pat} - 1)$.

Funktionell kann die Realisierung mittels Basismuster durch eine Wiederverwendung des ohnehin benötigten herkömmlichen Rate Matching Algorithmus und die Nachschaltung einer HSDPA-Erweiterung implementiert werden, wie in Figur 8 dargestellt.

In UMTS wird z. B. parallel zu einer HSDPA-Verbindung (als

HS-DSCH bezeichnet) stets eine weitere Teilnehmerverbindung unterhalten (DSCH, dedicated channel), so dass der herkömmliche Rate Matching Algorithmus im Empfänger ohnehin benötigt wird. Durch einen modularen Aufbau, wie in Figur 8, kann so mit einer effizienten Wiederverwendung von ohnehin im Empfänger benötigten Funktionsblöcken erreicht werden.

Die hier ausgeführte Erfindung verwendet zur Berechnung des Basismusters den selben Algorithmus, lediglich mit einer geänderten Vorbelegung des Parameters e_{minus} :

$$e_{minus} = \alpha \cdot |\Delta N_i^b - N_{pat} - 1|, \quad (5.3)$$

wobei N_{pat} die Anzahl der unterschiedlichen Rate-Matching-Muster ist.

Die Anzahl der verwendeten Redundanzversionen kann entweder fest vorgegeben werden, idealer Weise wird er jedoch abhängig von der Code-Rate so berechnet, dass gerade so viele Redundanzversionen erzeugt werden, wie nötig sind, um alle vorhandenen parity Bits mindestens einmal senden zu können. Die Anzahl der Redundanzversionen ergibt sich also durch Aufrundung des Quotienten aus vorhandenen parity Bits zu gesendeten parity Bits pro Paket.

Für niedrige Code Raten ergeben sich nach diesem Kriterium nur sehr wenige Redundanzversionen. Mit dieser Anzahl ist zwar sichergestellt, dass jedes parity Bit mindestens einmal gesendet werden kann, allerdings wird für die einzelnen Bits keine gute Mittelung bezüglich der Anzahl der Verwendungen in den Redundanzversionen erreicht. Diesem kann entgegengewirkt werden, indem man die Anzahl der Redundanzversionen aus dem Quotient der vorhandenen parity Bits zu den punktierten parity Bits pro Paket berechnet. Dann kann erreicht werden, dass jedes parity Bit ca. einmal punktiert wird und ca. $N_{pat} - 1$ mal übertragen wird und somit für alle Bits ungefähr die

gleiche Anzahl an Übertragungen resultiert sobald alle Redundanzversionen gesendet wurden.

Als praktische Realisierung kann die Anzahl der Redundanzversionen aus dem Maximum der beiden obigen Kriterien ermittelt werden, z. B.

$$N_{pat} = \max \left(\left\lceil \frac{N_{ges}}{N_{ges} - N_p} \right\rceil, \left\lceil \frac{N_{ges}}{N_p} \right\rceil \right) \quad (5.5)$$

Für systematische Codes, wie z. B. den bei UMTS verwendeten Turbo Code kann die Anzahl der Redundanzversionen wie folgt berechnet werden:

$$N_{pat} = \max \left(\left\lceil \frac{p \cdot X_b}{N_{ges} - X_b} \right\rceil, \left\lceil \frac{p \cdot X_b}{(p+1) \cdot X_b - N_{ges}} \right\rceil \right) \quad (5.5)$$

mit

$$X_b = N_{ges} \cdot R_c + N_{ov}. \quad (5.6)$$

Darin bezeichnet N_{ges} die Gesamtanzahl Bits pro übertragenem Block, p die Anzahl der parity Bitströme (z. B. $p = 2$ in UMTS), R_c die Code-Rate und N_{ov} sämtliche Overhead-Bits, z. B. für Fehlererkennung (CRC) und Terminierung der Kanalcodierung.

Im Fall von Repetierung, d. h. sehr niedrigen Code-Raten, gelten analoge Überlegungen. Dort kann die Anzahl der Redundanzversionen aus dem Quotienten der Gesamtzahl übertragener Bits durch die Anzahl der repetitierten Bits ermittelt werden. Alternativ kann die Repetierungsrate auf eine äquivalente Punktierungsrate umgerechnet werden. Eine Repetierungsrate von 270% würde beispielsweise einer Punktierungsrate von 30% entsprechen, da ja 30 % der Bits nicht dreimal (sondern nur zweimal) repetiert werden können, also eine geringere Verlässlichkeit aufweisen. Der Fall ist somit analog zu einer

Punktierungsrate von 30%, nur dass im Fall der Punktierung die Unterschiede größer sind. Anhand dieser äquivalenten Punktierungsrate kann dann die Anzahl der Redundanzversionen wie oben beschrieben berechnet werden.

5

Nach der Berechnung des Basismuster werden die Rate-Matching-Muster der einzelnen Redundanzversionen R dadurch berechnet, dass in den beiden parity Bitströmen von den im Basismuster als zu punktierende / repetierende Bits gekennzeichnete Bit-

10 positionen jeweils die ersten (R_{mod}) und die letzten ($N_{pat} - R_{mod}$) doch genau einmal übertragen werden. Hierbei gilt

$$R_{mod} = R \bmod N_{pat} . \quad (5.7)$$

15 Die sich im Gesamtbitstrom ergebende Rate Matching Muster und die Auswirkung auf die Bitzuordnung innerhalb des Symbols ist in Figur 6 beispielhaft für eine 16-QAM, Code Rate = 1/2, Punktierung und 3 verschiedenen Redundanzversionen dargestellt.

20 Der Eingangs-Bitstrom enthält jeweils nach einem systematischen Bit abwechselnd ein parity Bit des parity Bitstroms 1 und 2. Figur 6 zeigt wie ausgehend von einem Basismuster jeweils die Punktierung in jedem parity Bitstrom um ein Bit später beginnt und später endet. Nach der Bit-Collection ergibt sich so der in Figur 6 gezeigte Gesamtbitstrom. Abgesehen von kleinen Bereichen am Blockanfang und am Blockende, ergibt sich eine ideale Mittelung der Bitzuverlässigkeiten nach der ersten Wiederholung ($R = 1$), d. h. jeweils gleiche (d. h. untereinander angeordnete) Bits wurden einmal mit hoher Zuverlässigkeit (keine Schattierung) und einmal mit niedriger Zuverlässigkeit (graue Schattierung) gesendet. Der Bereich in dem diese ideale Mittelung erfolgt ist in Figur 6 als Bereich zwischen den beiden dicken Strichen gekennzeichnet. Pro Übertragung werden hier lediglich 2 zusätzliche Bit

25

30

an inkrementeller Redundanz übertragen. Da im Allgemeinen gilt, dass die Anzahl der zu punktierende Bits wesentlich größer ist als die Anzahl der Redundanzversionen, wirkt sich die Tatsache, dass das Basismuster basierend auf einer erhöhten Anzahl zu punktierender Bits errechnet wird, so gut wie nicht auf die Regelmäßigkeit der Punktierung innerhalb eines Blockes aus – der Einfluss der kleinen Bereiche am Blockanfang und -ende kann vernachlässigt werden.

- 10 Die Verwendung eines Basismuster im "Quasi-Chase-Mode" erlaubt einen sehr effizienten Speicherzugriff bei der Überlagerung der verschiedenen Übertragungen eines Blockes für das sog. Soft Combining. Der Soft-Combining Speicher kann in diesem Fall direkt vor dem Rate Matching im Empfänger implementiert werden, so dass der Gesamtspeicherbedarf nach allen Übertragungen nur die Anzahl der übertragenen Bits pro Block plus $R \times 2$ beträgt.

- 20 Ein kombinierten IR und Symbol Mapping-Mode lässt sich dadurch realisieren, dass in jedem parity Bitstrom eine zyklische Vertauschung des Rate Matching Musters um n_{offset} Bits durchgeführt wird. Figur 7 zeigt das obige Beispiel für $n_{offset} = 1$. Es wird deutlich, dass sich im Gegensatz zu Figur 6 kein zusammenhängender großer Bereich mehr ausbildet, indem nach der 1. Wiederholung die Bitzuverlässigkeiten ausgemittelt sind. Diese Mittelung findet nur noch für einen geringeren Prozentsatz der Bits statt, der Gewinn durch diesen Effekt ist also reduziert. Allerdings werden in diesem Modus mit jeder Wiederholung andere Bits punktiert, so dass jeweils
- 25 die Anzahl der punktierten Bits an inkrementeller Redundanz hinzugeführt wird und sich somit der IR Gewinn gegenüber Figur 6 erheblich vergrößert. Gleichzeitig wird auch der Gesamtspeicherbedarf auf die Anzahl der übertragenen Bits pro Block plus $R \times N_p$ (N_p : Anzahl der punktierten Bits) vergrößert.

Bert. Für Repetierung gelten diese Ausführungen in analoger Weise.

Ein kombinierter IR und Symbol Mapping-Mode lässt sich alternativ durch eine geänderte Vorbelegung des Anfangswert der Fehlervariablen e_{ini} für jede Redundanzversion realisieren. Dies wird z. B. dadurch erreicht, dass man in der Gleichung (5.2) für alle parity Bitströme den Parameter $a = 1$ setzt und e_{ini} in jeder Redundanzversion r durch

$$e_{ini}(r) = ((e_{ini}(r-1) - e_{minus} - 1) \bmod e_{plus}) + 1 \quad (5.8)$$

berechnet. Die mod-Funktion bezeichnet den Rest der Division, hat also in diesem Fall den Wertebereich $\{0, 1, \dots, e_{plus}-1\}$. Für den Anfangswert gilt

$$e_{ini}(0) = N_{max} \quad \text{und} \quad r = \{1, 2, \dots, N_{pat}-1\}. \quad (5.9)$$

15 Damit wird mit steigendem r das Rate-Matching-Muster stets um eine Bitposition nach vorne verschoben. Die mod-Funktion in Gleichung (5.8) begrenzt den maximal möglichen Versatz so, dass in jeder Redundanzversion exakt gleich viele Punktierungen / Repetierungen stattfinden. Durch diese Wahl kann sichergestellt werden, dass in den unterschiedlichen Redundanzversionen jeweils unterschiedliche parity Bits übertragen werden und somit maximaler IR Gewinn realisiert werden kann. Der erzielbare Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten wird bei diesem Verfahren für hohe Code-Raten groß, für 25 niedrigere Code-Raten zeigt sich diesbezüglich einen Vorteil bei der Realisierung über ein Basismuster. Um den Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten auch für eine Implementierung per e_{ini} Variation zu maximieren muss die Reihenfolge der verwendeten Redundanzversionen optimiert werden, z. 30 B. indem man bei einer 16-QAM für die erste Übertragung $r = 0$ und für die zweite $r = N_{pat}-1$ verwendet.

Diese Ausführungsvarianten lassen sich auch mit einer Variation des Anfangswerts der Fehlervariable e_{ini} für jede Übertragung eines Pakets kombinieren. Es entstehen dann kombinierte IR und Symbol-Mapping Moden, für die der IR Gewinn mit zunehmender Punktierungsrate ansteigt und welche es erlauben, durch geeignete Vorbelegung der e_{ini} -Werte für jedes Wiederholungspaket den optimalen Arbeitspunkt bzgl. IR Gewinn gegenüber Gewinn durch Mittelung der Bitzuverlässigkeiten einzustellen.

Ferner sind Kombinationen dieser beiden Möglichkeiten denkbar, die also für eine bestimmte Wiederholungsnummer im "Quasi-Chase-Mode" und für eine andere im "kombinierten IR und Symbol Mapping-Mode" arbeiten. In allen Fällen können alle Redundanzversionen ohne zusätzliche Signalisierungsaufwand decodiert werden.

Figur 9 zeigt ein Implementierungsbeispiel für die Realisierung durch Variation des Parameters e_{ini} als Funktion der aktuellen Redundanzversion R . Chase Combining lässt sich in diesem Fall ganz einfach dadurch realisieren, dass stets $e_{ini}(0)$ verwendet wird.

Aufgrund des modularen Ansatzes ist dieses Vorgehen sowohl für Punktierung und Repetition, sowie für verschiedenste Transportformate möglich. Durch geeignete Wahl der Parameter (z. B. Anzahl der Redundanzversionen, Anzahl der Bitströme) kann es auf verschiedene Modulations- und Codierungsschemata angepasst werden.

Referenzen

[25.212] "Multiplexing and Channel Coding (FDD) (Release 1999)," Technical Specification 3GPP TS 25.212

Patentansprüche

1. Verfahren zur Datenübertragung gemäß einem ARQ-Verfahren,

5 wobei von einem Sender (1) Daten in Form von Datenpaketen an einen Empfänger (2) übertragen werden, umfassend die Schritte:

(a) von dem Sender (1) wird nach dem Senden eines Datenpakets bei Vorliegen einer entsprechenden Aufforderung des Empfängers (2) mindestens ein Wiederholungsdatenpaket an den Empfänger (2) übertragen, und

(b) die in dem Datenpaket bzw. dem Wiederholungsdatenpaket zu übertragenden Bits werden einer Bitratenanpassung unterzogen, ehe sie von dem Sender (1) an den Empfänger (2) übertragen werden,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass im Schritt (b) zur Bitratenanpassung unterschiedliche Bitratenanpassungsmuster für das Datenpaket und das Wiederholungsdatenpaket verwendet werden, so dass die Bits mit dem
20 identischen Informationsursprung nach Durchführung der Bitratenanpassung an unterschiedlichen Stellen in dem Datenpaket und in dem Wiederholungsdatenpaket von dem Sender (1) an den Empfänger (2) übertragen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass im Schritt (b) zur Bitratenanpassung die Bits eines kanalcodierten Bitstroms auf mehrere Teilbitströme (A-C) aufgeteilt und die einzelnen Teilbitströme (A-C) jeweils einer separaten Bitratenanpassung unterzogen werden, wobei die Bits
30 der einzelnen Teilbitströme (A-C) nach Durchführung der jeweils entsprechenden Bitratenanpassung für das Datenpaket bzw. Wiederholungsdatenpaket wieder miteinander kombiniert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Bits der einzelnen Teilbitströme (A-C) nach Durch-
führung der jeweils entsprechenden Bitratenanpassung für das
5 Datenpaket bzw. Wiederholungsdatenpaket anteilig miteinander
kombiniert werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

10 dass die Datenübertragung von dem Sender (1) an den Empfänger
(2) in eine Rahmen- und Zeitschlitzstruktur eingebettet er-
folgt, wobei das Bitratenanpassungsmuster in Abhängigkeit von
der Nummer des Zeitschlitzes und/oder in Abhängigkeit von der
Nummer des Rahmens, in dem das Datenpaket bzw. Wiederholungs-
15 datenpaket übertragen wird, verändert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

20 dass das für das Wiederholungsdatenpaket verwendete Bitraten-
anpassungsmuster gegenüber dem für das Datenpaket verwendete
Bitratenanpassungsmuster derart verändert wird, dass bei
Durchführung einer QAM-Modulation der zu übertragenden Bits
die Bits mit dem identischen Informationsgehalt hinsichtlich
des Wiederholungsdatenpakets auf andere Punkte in dem QAM-
25 Signalraum abgebildet werden als bei dem ursprüngliche gesen-
deten Datenpaket.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

30 dass die zu übertragenden Bits nach Durchführung der Bitra-
tenanpassung einem Interleavingvorgang und anschließend einer
QAM-Modulation unterzogen werden,
wobei durch den Interleavingvorgang Bits auf mehrere Spalten
aufgeteilt und die einzelnen Spalten miteinander vertauscht

werden, so dass die Bits durch den Interleavingvorgang zeitlich umgeordnet werden, wobei durch die QAM-Modulation jeweils eine bestimmte Anzahl von Bits in der nach dem Interleavingvorgang vorhandenen Bitreihenfolge auf einen Punkt in einem entsprechenden QAM-Signalraum abgebildet werden, wobei die Anzahl der Spalten, welche nach dem Interleavingvorgang und der Vertauschung der Spalten zwischen zwei benachbarten Spalten zu liegen kommen, und die Anzahl der Bits, welche bei der QAM-Modulation auf einen Punkt des QAM-Signalraums abgebildet werden, keinen gemeinsamen Teiler besitzen.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet ,

dass zur Durchführung des Interleavingvorgangs ein Blockinterleaver verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet ,

dass die Bitratenanpassung mit Hilfe eines Bitratenanpassungsalgorithmus durchgeführt wird, welcher die Bits des Datenpakets bzw. Wiederholungsdatenpakets in Abhängigkeit von dem Wert eines entsprechenden Ratenanpassungsparameters (e_{ini}) punktiert oder repetiert, wobei der Wert des Ratenanpassungsparameters (e_{ini}) zur Bitratenanpassung der Bits des Wiederholungsdatenpakets gegenüber der Bitratenanpassung der Bits des Datenpakets verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet ,
dass der Bitratenanpassungsalgorithmus derart ausgestaltet ist, dass er zu punktierende bzw. zu repetierende Bits unter Verwendung einer Fehlervariable (e) auswählt, wobei die Fehlervariable (e) zu Beginn des Ratenanpassungsalgorithmus mit

dem Wert des Ratenanpassungsparameters (e_{ini}) initialisiert wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass bei Anforderung mehrerer Wiederholungsdatenpakete durch den Empfänger (2) zur Bitratenanpassung der Bits der einzelnen Wiederholungsdatenpakete jeweils unterschiedliche Bitratenanpassungsmuster verwendet werden.
- 10
11. Verfahren nach Anspruch 9 und Anspruch 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Ratenanpassungsparameter (e_{ini}) zur Bitratenanpassung der Bits des ursprünglich gesendeten Datenpakets auf den Wert
15 Null, zur Bitratenanpassung der Bits des ersten Wiederholungsdatenpakets auf einen Wert e_{plus} und zur Bitratenanpassung jedes weiteren Wiederholungsdatenpakets auf einen Wert $k \cdot e_{minus}$ gesetzt wird, wobei k die Nummer des jeweiligen Wiederholungsdatenpakets, e_{plus} einen ersten Fehlerparameter und
20 e_{minus} einen zweiten Fehlerparameter, welche im Laufe des Ratenanpassungsalgorithmus zur Erneuerung der Fehlervariablen (e) verwendet werden, bezeichnet.
12. Verfahren nach Anspruch 9 und Anspruch 10,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Ratenanpassungsparameter (e_{ini}) zur Bitratenanpassung der Bits des ursprünglich gesendeten Datenpakets auf den Wert Null, zur Bitratenanpassung der Bits des ersten Wiederholungsdatenpakets auf einen Wert e_{plus} und zur Bitratenanpassung
30 jedes nachfolgenden Wiederholungsdatenpakets mit der Nummer $2k$ auf einen Wert $k \cdot e_{minus}$ bzw. jedes nachfolgende Wiederholungsdatenpaket mit der Nummer $2k + 1$ auf einen Wert $k \cdot e_{minus} + e_{plus}$ mit $k = 1, 2, 3 \dots$ gesetzt wird, wobei e_{plus} einen ersten Fehlerparameter und e_{minus} einen zweiten Fehlerparameter,
35 parameter, welche im Lauf des Ratenanpassungsalgorithmus zur

Erneuerung der Fehlervariablen (e) verwendet werden, bezeichnet.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass sich das für das Datenpaket verwendete Bitratenanpassungsmuster und das für das mindestens eine Wiederholungsdatenpaket verwendete Bitratenanpassungsmuster im Wesentlichen nur in einem Anfangs- und einem Endabschnitt voneinander unterscheiden, während sie in einem mittleren Abschnitt im Wesentlichen identisch sind, wobei eine Punktierungs- oder Repetierungsrate der einzelnen Bitratenanpassungsmuster identisch ist.

15 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das für das Datenpaket verwendete Bitratenanpassungsmuster und das für das mindestens eine Wiederholungsdatenpaket verwendete Bitratenanpassungsmuster von einem Basismuster abgeleitet werden, wobei für das Bitratenanpassungsmuster des Datenpakets und das Bitratenanpassungsmuster des Wiederholungsdatenpakets eine unterschiedliche Anzahl von Punktierungen oder Repetierungen am Anfang und am Ende des Basismusters ausgelassen werden, wobei für das Datenpaket und das Wiederholungsdatenpaket die gesamte Punktierungs- bzw. Repetierungsrate konstant bleibt.

15. Vorrichtung zur Datenübertragung gemäß einem ARQ-Verfahren,

30 wobei von der Vorrichtung (1) Daten in Form von Datenpaketen an einen Empfänger (2) übertragen werden,

wobei die Vorrichtung (1) derart ausgestaltet ist, dass sie nach dem Senden eines Datenpakets bei Vorliegen einer entsprechenden Aufforderung des Empfängers (2) mindestens ein

35 Wiederholungsdatenpaket an den Empfänger (2) überträgt, und

wobei die Vorrichtung (1) eine Bitratenanpassungseinrichtung (19) zur Anwendung einer Bitratenanpassung auf die in dem Datenpaket bzw. in dem Wiederholungsdatenpaket zu übertragenden Bits aufweist,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Vorrichtung (1) mit der Bitratenanpassungseinrichtung (19) derart ausgestaltet ist, dass zur Bitratenanpassung der Bits des Wiederholungsdatenpakets und zur Bitratenanpassung der Bits des Datenpakets unterschiedliche Bitratenanpassungsmuster verwendet werden, so dass die Bits mit dem identischen Informationsursprung nach Durchführung der Bitratenanpassung an unterschiedlichen Stellen in dem Datenpaket und in dem Wiederholungsdatenpaket von der Vorrichtung (1) an den Empfänger (2) übertragen werden.

15 16. Vorrichtung nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Bitratenanpassungseinrichtung (19) eine Bitseparationseinrichtung (20) zur Aufteilung der Bits eines kanalcodierten Bitstroms auf mehrere Teilbitströme (A-C), den einzelnen Teilbitströmen (A-C) zugeordnete separate Bitratenanpassungsmittel (21-23), um die einzelnen Teilbitströme (A-C) jeweils einer separaten Bitratenanpassung zu unterziehen, und eine Bitsammeleinrichtung (24) zum Kombinieren der von den
20 einzelnen Bitratenanpassungsmitteln (21-23) ausgegebenen Bits
25 der einzelnen Teilbitströme (A-C) miteinander umfasst.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
30 dass die Vorrichtung (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-12 ausgestaltet ist.

18. Empfänger (2) zum Empfang von in Form von Datenpaketen gemäß einem ARQ-Verfahren übertragenen Daten,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Empfänger (2) zum Empfang und zur Auswertung von einem gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1-14 übertragenen Datenpaket bzw. Wiederholungsdatenpaket ausgestaltet ist, um den Informationsgehalt des Datenpakets durch gemeinsame Auswertung der in dem Datenpaket und in dem Wiederholungsdatenpaket empfangenen Bits zu bestimmen.

19. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass die im Schritt (b) zur Bitratenanpassung zu verwendenden Bitratenanpassungsmuster von dem Sender (1) an den Empfänger (2) signalisiert werden, wobei zwischen selbstdekodierbaren und nicht selbstdekodierbaren Datenpaketen unterschieden wird und in zumindest einem dieser Fälle mehrere unterschiedliche
15 Bitratenanpassungsmuster signalisiert werden.

20. Verfahren nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass die Unterscheidung nach selbstdecodierbaren und nicht selbstdecodierbaren Datenpaketen nur für den Fall der Punktierung signalisiert wird, nicht aber im Falle der Repetierung.

21. Verfahren nach Anspruch 20,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass eine Summe der Anzahl der möglichen signalisierten Bitratenanpassungsmuster bei Punktierung für selbstdekodierbare und nicht selbstdekodierbare Datenpakete gleiche der Anzahl bei Repetierung ist.

30

22. Verfahren nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Falle der Punktierung ein Bit zur Anzeige eines selbstdekodierbaren bzw. nicht selbstdekodierbaren Datenpaketes vorgesehen ist und n-1 Bit zur Angabe unterschiedlicher
35

Bitratenanpassungsmuster und im Falle der Repetierung n Bit zur Angabe unterschiedlicher Bitratenanpassungsmuster.

23. Verfahren nach Anspruch 22,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass im Falle der Punktierung 2 Bit und im Falle der Repetierung 3 Bit zur Angabe unterschiedlicher Bitratenanpassungsmuster vorgesehen sind.

10 24. Vorrichtung zur Datenübertragung,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 19-23 ausgestaltet ist.

15 25. Empfänger zum Empfang von in Form von Datenpaketen gemäß einem ARQ-Verfahren übertragenen Daten,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Empfänger zum Empfang und zur Auswertung von einem gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 19-23 übertragenen Datenpaket bzw. Wiederholungsdatenpaket ausgestaltet ist,
20 um den Informationsgehalt des Datenpakets durch gemeinsame Auswertung der in dem Datenpaket und in dem Wiederholungsdatenpaket empfangenen Bits zu bestimmen.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Datenübertragung

- 5 Zur Realisierung einer möglichst zuverlässigen paketorientierten Datenübertragung bei Anwendung eines ARQ-Verfahrens, insbesondere eines Hybrid-ARQ-Verfahrens und vorzugsweise bei Verwendung in einem Mobilfunksystem, ist vorgesehen, bei Anforderung eines Wiederholungsdatenpakets für die Bits des
- 10 Wiederholungsdatenpakets ein anderes Ratenanpassungsmuster als für die Bits des entsprechenden ursprünglich gesendeten Datenpakets zu verwenden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Bitratenanpassung durch Aufteilung der zu übertragenden Bits auf mehrere parallele Teilbitströme (A-C) mit jeweils
- 15 separater Bitratenanpassung (21-23) durchgeführt wird.

(Figur 1)

FIG 1

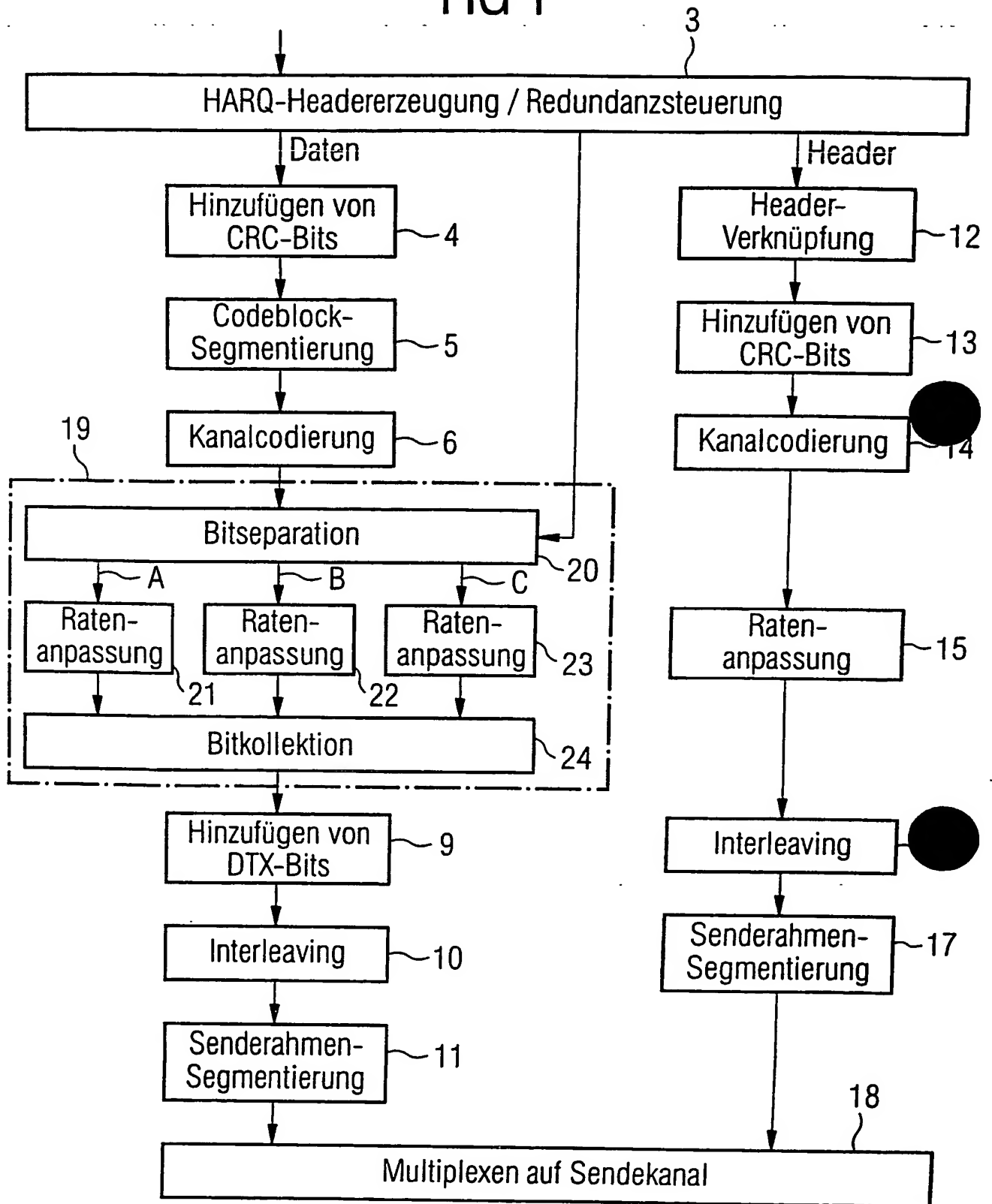


FIG 2

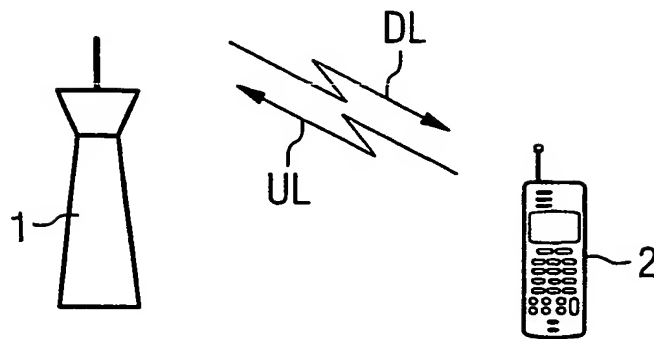


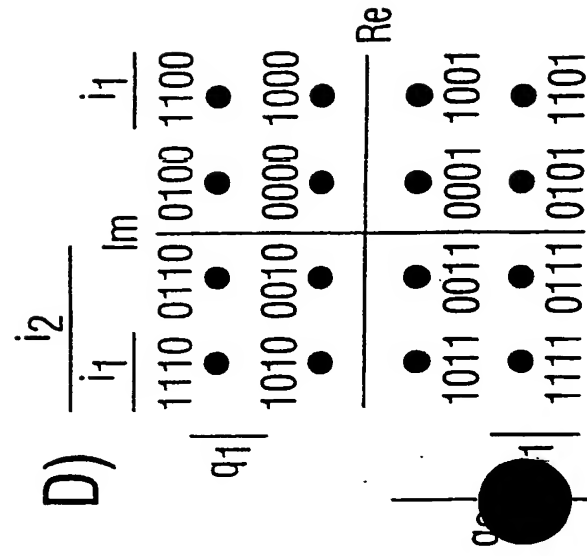
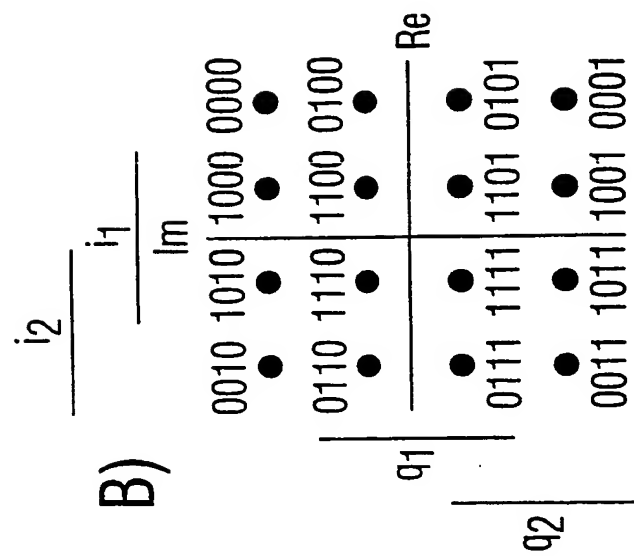
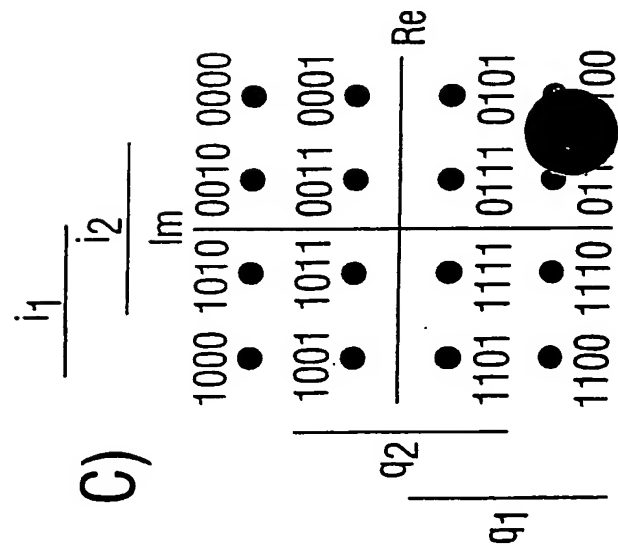
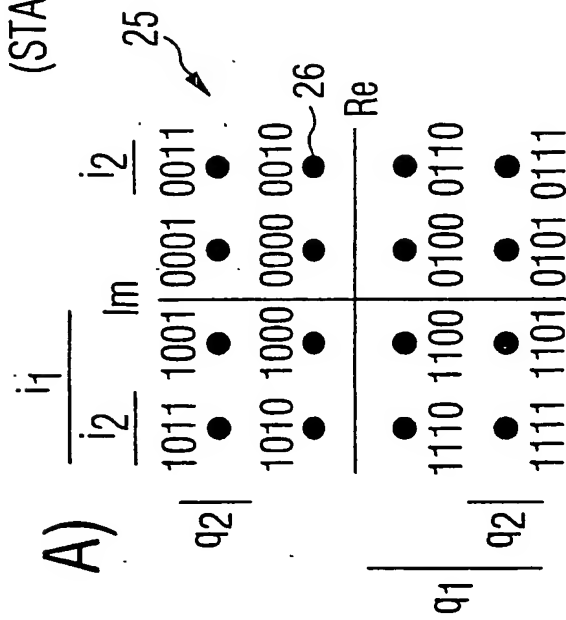
FIG 3

```

e=eini
m=1
eplus=eplus
do while m ≤ Xi
    e=e-eminus
    if e > 0 then
        set bit xi,m to δ where δ ∉ {0,1}
    else
        do
            select bit xi,m
            e=e+eplus
            while e ≤ 0
        end if
        m=m+1
    end do
end do

```


FIG 4



4/8

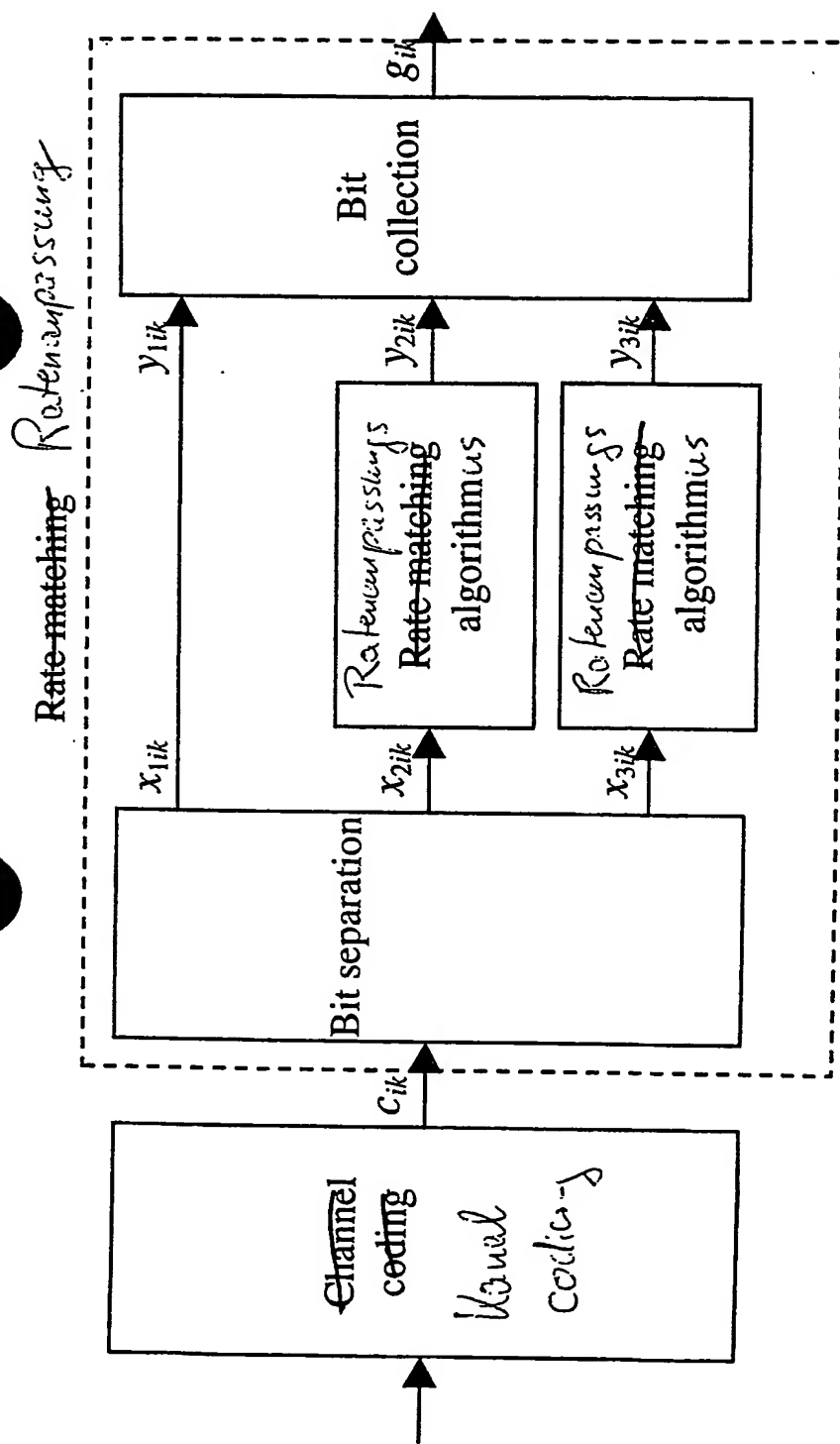
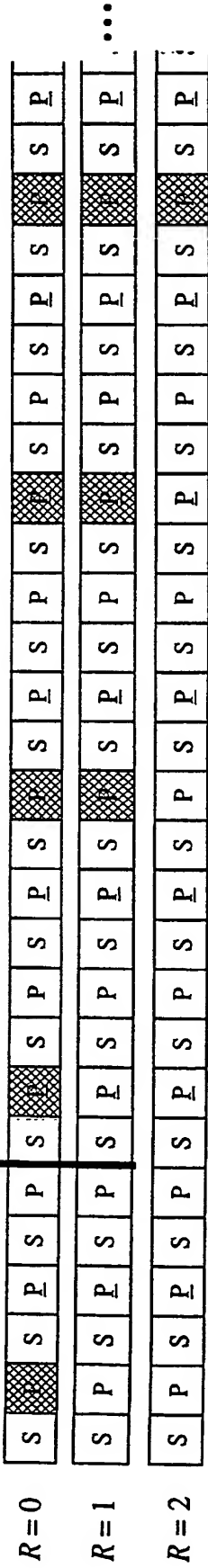
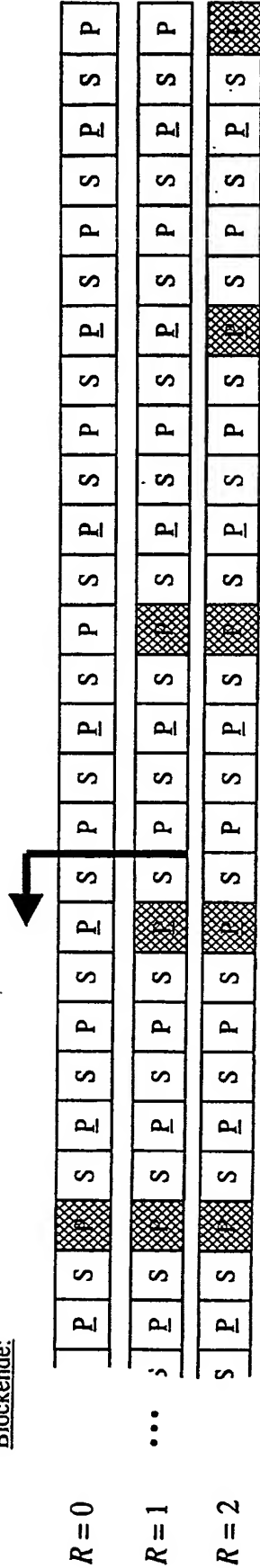


Fig 5

Blockanfang:



Blockende:



Hohe Zuverl.

X

Niedrige Zuverl.



Punktiertes Bit

S: systematisches Bit

P: Bit des parity Bitstroms 1
P: Bit des parity Bitstroms 2

P: Bit des parity Bitstroms 2

6
11

7/8

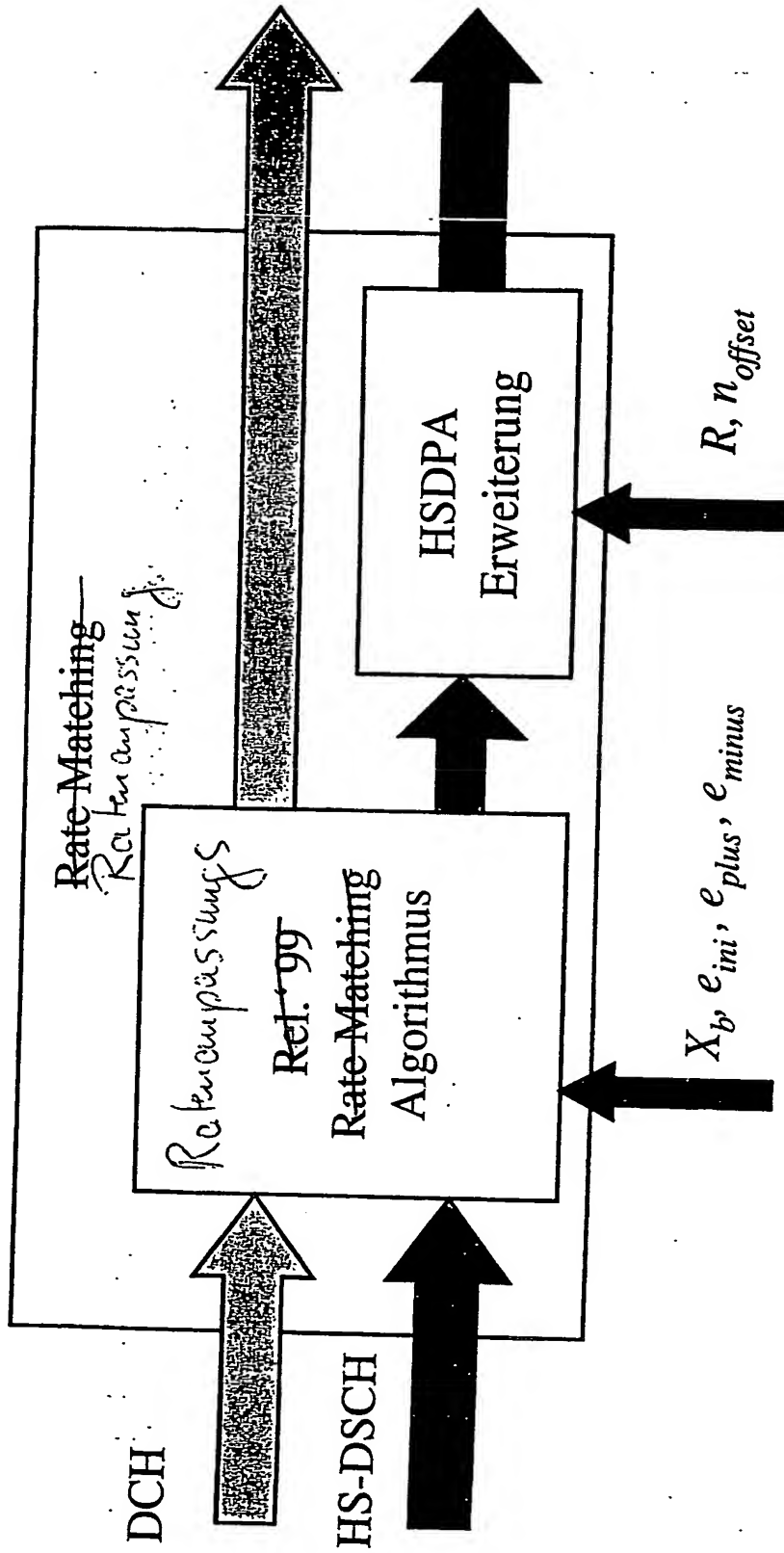


Fig 8

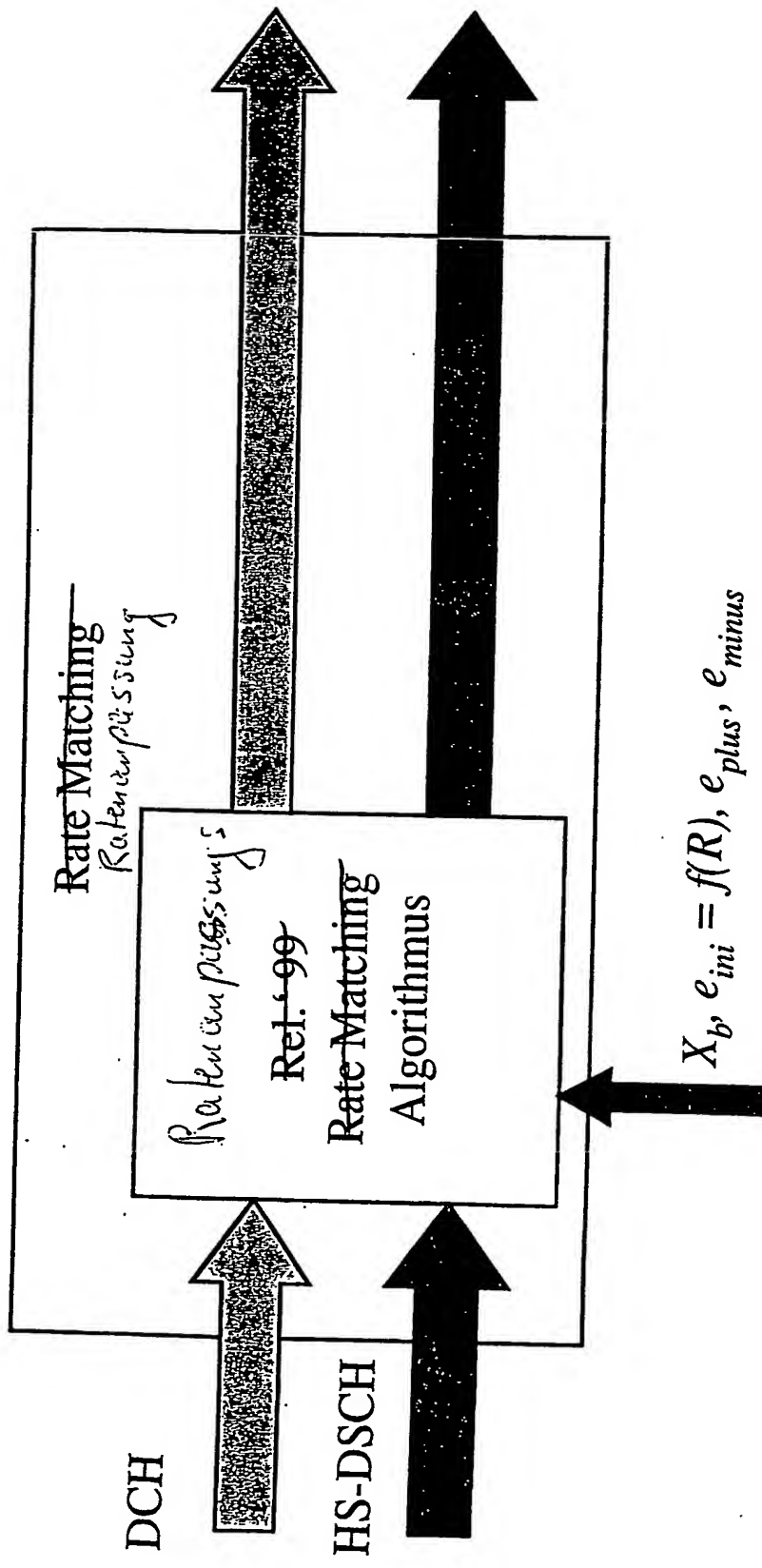


Fig. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.